

**LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO**

**Sähkötekniikan osasto**

Sähkömarkkinoiden opintosuunta

<http://www.ee.lut.fi/fi/lab/sahkomarkkina>

**DIPLOMITYÖ**  
**ILMASTONMUUTOS JA PITKÄN**  
**SÄHKÖKATKON HAITAT**

Työn tarkastajat: Professori Jarmo Partanen

Professori Satu Viljainen

Työn ohjaaja: Professori Jarmo Partanen

Lappeenrannassa 19.5.2008

Vesa Björn

Orioninkatu 9a14

53850 Lappeenranta

## SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO.....	7
1.1	Työn tausta .....	7
1.2	Tavoitteet ja rajaus .....	7
2.	ILMASTO JA ILMASTONMUUTOS .....	9
3.	KASVIHUONEKAASUT JA NOKI.....	12
3.1	Vesihöyry H <sub>2</sub> O .....	12
3.2	Hiilidioksidi CO <sub>2</sub> .....	13
3.3	Metaani CH <sub>4</sub> .....	14
3.4	Typpidioksidi N <sub>2</sub> O.....	14
3.5	Halokarbonit.....	14
3.6	Alailmakehän otsoni O <sub>3</sub> .....	14
3.7	Noki.....	15
4.	ILMASTOMALLIT .....	16
4.1	RCAO-ilmastomalli.....	17
4.2	ECHAM5-ilmastomalli .....	17
4.3	Keskiarvomalli .....	17
5.	PÄTEVIMMÄT ILMASTONMUUTOKSEN TODISTEET .....	20
5.1	Muutokset kasvihuonekaasujen määrissä.....	20
5.2	Jo näkyvät lämpötilamuutokset.....	20
5.3	Suomen ilmastotrendit.....	21
5.4	Suomen terminen talvi 2008.....	22
5.5	Ennätyslämmin vuosi 2006 .....	22
5.6	Ennätyslämmin vuosi 2006 Suomessa .....	23
5.7	Lämpenemisen eteneminen .....	24
5.8	Muutokset sademäärissä.....	25
6.	LEUDON TALVISÄÄN VAIKUTUS SÄHKÖNJAKELUUN.....	26
6.1	Roudan väheneminen .....	26
6.2	Tykkylumi .....	26
6.2.1	Huurretykky.....	27
6.2.2	Nuoskatykky.....	27
6.3	Tykkylumen haitat.....	27
7.	MYRSKYT .....	28
7.1	Myrskyn synty.....	29
7.2	Itämerialueen myrskyjen syntymekanismi .....	30
7.3	Lämpenemisen vaikutus myrskyihin.....	30

8.	Pohjolan Gudrun-myrsky .....	34
8.1	Gudrun-myrskyn tuhot .....	35
8.2	Vaikutukset Ruotsin sähkönjakeluun .....	37
8.2.1	Kotitalousasiakas .....	39
8.2.2	Vanhustenhoito .....	41
9.	VASTUU SÄHKÖKATKOON VARAUTUMISESTA.....	42
9.1	Vakiokorvauskäytäntö.....	42
9.2	Haitan rahamääräinen arvostus Ruotsissa .....	43
10.	VARAVOIMA .....	44
10.1	Varavoiman saatavuus.....	45
10.2	Paloasemat.....	46
10.3	Armeija.....	47
10.4	Suur-Savon Sähkö Oy .....	48
10.5	Koillis-Lapin sähkö .....	50
11.	KOKEMUKSIA PYRY- JA JANIKA-MYRSKYISTÄ .....	52
11.1	Pyryn päivän myrsky .....	52
11.2	Janikan päivän myrsky .....	52
12.	VIESTIYHTEYDET .....	54
12.1	Lankapuhelin .....	54
12.2	Matkapuhelin .....	54
12.3	Viranomaisradioverkko .....	55
12.3.1	Käyttäjät .....	55
12.3.2	Tekniikka.....	55
13.	OMAISUUDEN TURVAAMINEN .....	56
13.1	Irtain omaisuus .....	56
13.2	Putkivahingot ja vakuutukset .....	57
13.3	Lemmikit .....	58
14.	HUOLTO JA MAATALOUS .....	59
14.1	Ruokahuolto .....	59
14.2	Vanhustenhoito.....	59
14.3	Maatalous .....	60
14.4	Vesihuolto .....	61
14.4.1	Vesihuolto Joroisilla.....	62
14.4.2	Vesihuolto Kerimäellä.....	63
14.4.3	Vesihuolto Puumalassa.....	63
15.	LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT .....	65

16.	KUNTIEN VARAUTUNEISUUS JA VALMIUSSUUNNITELMAT .....	66
16.1	Valmiussuunnitelmien julkisuus .....	67
16.2	Puumalan valmiussuunnitelma.....	68
16.3	Rantasalmen valmiussuunnitelma .....	69
16.4	Rantasalmen verkkokuvaus .....	70
16.5	Pelastustoimen osuus.....	70
17.	SÄHKÖASIAKKAAN KOKEMA HAITTA.....	71
17.1	Tutkimusmetodiikka.....	71
17.2	WTP:n epävarmuus .....	72
17.3	Suorat ja epäsuorat haitat .....	72
17.4	Odotettu ja odottamaton sähkökatko .....	72
17.5	Pitkän sähkökatkon haitta yksityisille ja maatalouden harjoittajille .....	73
17.6	Kotonaan työskentelevät .....	74
17.7	Lapsiperheet .....	74
17.8	Sähkökatko –skenaario .....	74
17.9	Maatilat ja kasvihuoneet.....	75
18.	PITKÄ SÄHKÖKATKO RANTASALMELLA .....	77
18.1	Lämmitys.....	77
18.2	Aggregaattien kierrättäminen kohteissa .....	78
18.3	Evakuoinnit .....	78
18.4	Kommunikaatio ja tiedottaminen .....	78
18.5	Vesi ja ruoka.....	79
18.6	Maatilat.....	79
18.7	Paloasema.....	79
19.	PARANNUSEHDOTUKSIA.....	80
19.1	Kotitalouksien omatoiminen varautuminen .....	80
19.2	Julkisyhteisöt .....	81
19.2.1	Aggregaattien ja lämmittimien hankkiminen .....	81
19.2.2	Aggregaattien luettelointi .....	81
19.3	Maatilat.....	81
19.4	Sähköyhtiöt.....	81
20.	YHTEENVETO .....	83
	LÄHDELUETTELO .....	87

## SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

CDIAC	”Carbon Dioxide Information Analysis Center” Yhdysvaltain energiaviraston hiilidioksiditietoon keskittynyt osasto.
CFC	Kloorattu hiili-fluori-yhdiste, CFC (11,12)
CH <sub>4</sub>	Metaani
CO <sub>2</sub>	Hiilidioksidi
DJF	”December, January, February” -joulukuu, tammikuu, helmikuu
IPCC	”The Intergovernmental Panel on Climate Change” -Kansainvälinen YK-johtoinen ilmastonmuutospaneeli
JJA	”June, July, August” -kesäkuu, heinäkuu, elokuu
KAH	Keskeytyksestä aiheutunut haitta
MMM	Maa- ja Metsätalousministeriö
MTK	Maa- ja Metsätaloustuottajain Keskusliitto
NAO	”North-Atlantic Oscilation” -Pohjois-Atlantin oskillaatio
N <sub>2</sub> O	Dityypidioksidi
O <sup>3</sup>	Otsoni
RCA	”Rossby Centre regional Atmosphere model”
RCAO	”Rossby Centre regional Atmosphere-Ocean model” -Ruotsin meteorologisen instituutin yhdistelmäilmastomalli
SEK	”Swedish krona” -Ruotsin rahayksikkö, kruunu
SMHI	”Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska institut” -Ruotsin Meteorologinen ja Hydrologinen Instituutti
SST	”Sea Surface Temperature” -merenpinnan lämpötila

UPS	”Uninterruptible Power Supply” -Tietokoneita ja viestintälaitteita sähköhäiriöiltä ja lyhyiltä katkoilta suojaava laite tai järjestelmä
VIRVE	Viranomaisverkko
WMO	Maailman meteorologinen säätiö
WTA	”Willingness To Accept” -korvaus, joka ollaan valmiita hyväksymään sähkönjakelun luotettavuuden heikkenemistä
WTP	”Willingness To Pay” -halukkuus maksaa sähkönjakelun paremmasta luotettavuudesta

# **1. JOHDANTO**

## **1.1 Työn tausta**

Ilmastonmuutos on noussut kansainväliseksi kysymykseksi viimeisen viidentoista vuoden aikana. Voimakkaita sääilmiöitä on esiintynyt poikkeuksellisen paljon eri puolilla maailmaa. Suomessakin on havaittu muutoksia. Luontoomme on ilmestynyt uusia eteläisiä perhoslajeja. Sydäntalvella ollut lauja, lumettomia jaksoja, jotka ovat vaikeuttaneet perinteisten hiihtolajien harrastamista, eikä jäällä liikkuminenkaan ole ollut mahdollista kuin satunnaisesti.

Merkittävästä useiden asteiden ilmastonmuutoksesta seuraisi monia haittoja. Yksi näistä haitoista olisi luultavimmin äärimmäisten sääilmiöiden lisääntyminen ja voimistuminen. Monien tutkijoiden mukaan näitä voimistuneita ilmiöitä on jo nähty. Pohjoismaissakin on ollut lähivuosina (2002, 2005, 2008) voimakkaita myrskyjä, joilla on ollut suuri vaikutus muun muassa sähkönjakeluun. Voimakkaitten myrskyjen aiheuttamat sähkökatkot vaikeuttavat suuresti yhteiskunnan toimintaa ja kansalaisten arkielämää.

Myrskyjen aiheuttamien sähkökatkojen haittoja on tutkittu viranomaisten toimesta eri maissa. Tutkimukset ovat yleensä olleet ns. seurantaraportteja ja niissä on myrskytuhojen ja haastattelujen lisäksi keskitytty viranomaisten kriisitoiminnan arvioimiseen.

## **1.2 Tavoitteet ja rajaus**

Tässä diplomityössä esitetään tärkeimmät taustatekijät ja todisteet ilmastonmuutos-ilmiöön liittyen. Työssä esitetään ilmastomalleihin perustuva valistunut arvio siitä miten lämpötilojen nousu voi vaikuttaa tulevaisuudessa esimerkiksi myrskyjen esiintymiseen.

Työssä on tarkoitus tutkia pitkän sähkökatkon haittoja. Aihetta lähestytään tutustumalla muun muassa kuntien, vesilaitosten, puhelinverkkojen sekä

sähköverkkoyhtiöiden varautuneisuuteen; valmiussuunnitelmiin ja varavoimakoneisiin. Saatua tietoa analysoidaan kuntaesimerkin avulla.

Lopussa syvennytään yksittäisten sähkökäyttäjien kokemiin haittoihin painottaen kotitilauksien ja maatilojen kokemaa haittaa.

Diplomityön maantieteelliseksi tutkimusalueeksi on valittu Suomen Etelä-Savo. Pitkän sähkökatkon tapahtuma-ajaksi asetetaan pahin mahdollinen eli talvi. Sähkökatkon pituudeksi asetetaan 10 päivää ja kattavuudeksi 90 %.



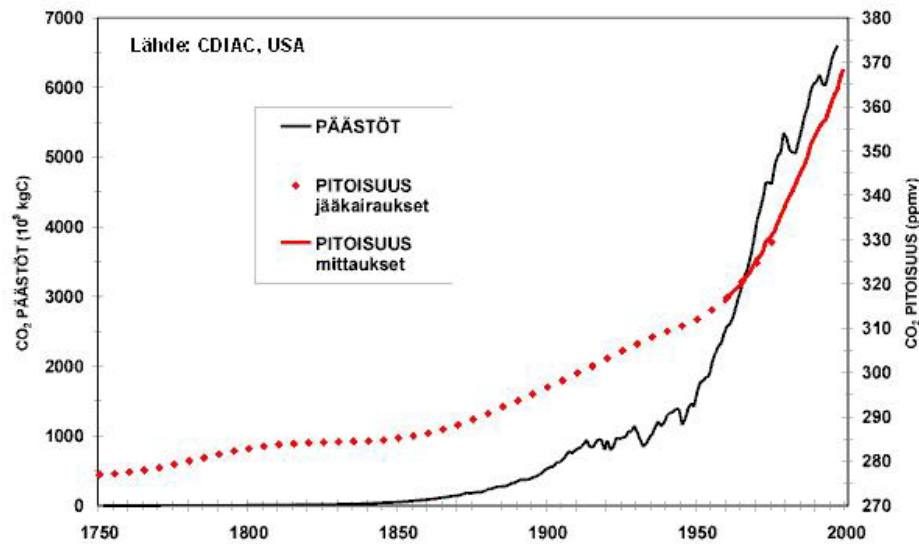
## 2. ILMASTO JA ILMASTONMUUTOS

Ilmastolla tarkoitetaan tietyn alueen keskimääräistä säätä pitkän ajan-esimerkiksi 50 vuoden aikana. Ilmaston vaikuttavat ainakin etäisyys päiväntasaajasta, maan pinnanmuodot, etäisyys merestä, korkeus merenpinnasta sekä merivirrat. Ilmasto ei ole ajallisesti vakio. Tästä esimerkkinä ovat muun muassa jääkaudet, keskiajan lämmin jakso (vuosina 900-1300), pieni jääkausi (vuosina 1600-1700) sekä nykyisinkin muutaman vuoden välein toistuvat globaalit El Niño ja La Niña -ilmiöt.

Ilmastonmuutoksella tai kasvihuoneilmiön voimistumisella tarkoitetaan lähinnä modernin ihmisen toiminnasta johtuvaa globaalia ilmaston muuttumista, ilmakehän keskilämpötilojen kohoamista ja muutoksia esimerkiksi sateisuudessa ja tuulissa.

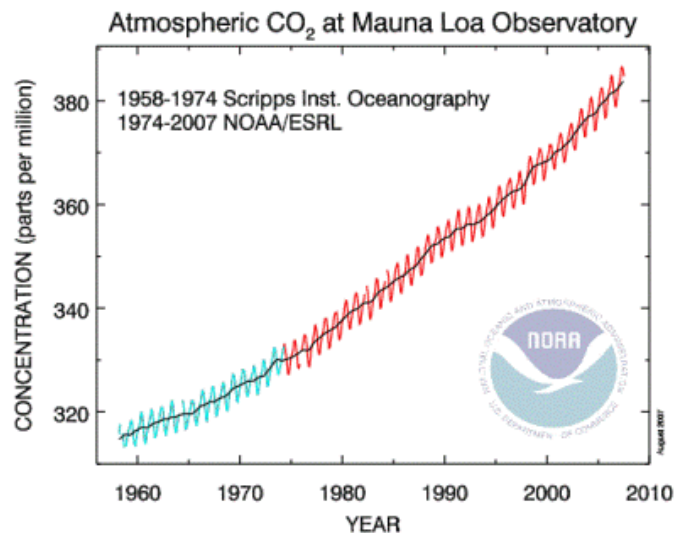
Ihmiset ovat muuttaneet ilmastoa paikallisesti jo satojen vuosien ajan hakkaamalla metsiä ja viljelemällä maata. Muutokset eivät kuitenkaan olleet globaalisti ilmaston kannalta merkittäviä. Vasta teollisuuden raju kasvu 1800-luvulla nosti ihmisen suureksi ilmastotekijäksi.

Kuvassa 1. on esitetty fossiilisten polttoaineiden käytöstä sekä sementin valmistuksesta syntyneet hiilidioksidipäästöt sekä ilmakehän hiilidioksidipitoisuus. Huomataan, että päästöt ilmakehään ovat kasvaneet jyrkästi varsinkin viimeisen 50 vuoden aikana ja että käyrät ovat muodoltaan likimain toistensa kaltaiset. (Ilmatieteen laitos 1)



Kuva 1. Fossiilisten polttoaineiden käytöstä sekä sementin valmistuksesta aiheutuneet hiilidioksidipäästöt (yksikkö: miljoonaa hiilitonnia), sekä ilmakehän hiilidioksidipitoisuus jääkairauksista ja mittauksista (yksikkö tilavuuden miljoonasosaa). Pitoisuusmittaukset ovat vuosikeskiarvo Mauna Loalta Hawaijilta. Law Domen (Etelämanner) pitoisuudet ovat tasoitettu, noin 75 vuoden keskiarvo. (Ilmatieteen laitos 1)

Kuvassa 2. on esitetty ilmakehän hiilidioksidipitoisuus lähivuosisikymmeninä. Huomataan, että käyrä on lievästi eksponentiaalisesti kohoava.



Kuva 2. Hiilidioksidipitoisuus (ppm) ilmakehässä. (Mauna Loa)

”Nykyisen maapallon keskilämpötilan nousun arvioidaan yli 95 %:n todennäköisyydellä olevan ihmisen toimista johtuva ilmiö”. (IPCC 4)

Ilmiön aiheuttavat ihmisen toiminnan seurauksena ilmakehään joutuva hiilidioksidi ja muut kasvihuonekaasut kuten metaani ja typpioksidi. Ilmastonmuutos on maailmanlaajuinen ilmiö, sillä vapautetut kasvihuonekaasut leviävät kaikkialle ilmakehään, vaikka niiden tuotto eroaa alueittain. Ilmakehän lämpenemäksi on tähän mennessä mitattu vajaa aste. (IPCC 4)

Seuraavassa on lueteltu ilmastonmuutoksen haittoja. Luetteloa voisi jatkaa periaatteessa loputtomiin jos myös ilmiöiden seurausvaikutukset otettaisiin huomioon. Ilmastopakolaisuus on esimerkki seurausvaikutuksesta.

*Ilmastonmuutoksen haittoja:*

- Merenpinnan nousu
- Otsonikatoa voimistava vaikutus
- Lajien sukupuutto
- Trooppisten tautien leviäminen
- Kasvillisuusrajojen muuttuminen
- Äärimmäisten luonnonilmiöiden lisääntyminen
- Kuivuus
- Rankkasateet
- Puhtaan veden pula
- Tulvat
- Ikiroudan sulaminen
- Muutokset Golf-virran voimakkuudessa ja suunnassa

Toisaalta jotkut haitat voidaan ajatella myös hyödyiksi. Esimerkiksi kylmissä maissa kuten Suomessa viljelyolosuhteet saattavat parantua ilmaston lämmetessä. Myös lämmityskustannukset pienenevät. Jäiden sulaessa avautuva koillisväylä lyhentää merkittävästi merireittiä Aasiaan.

### 3. KASVIHUONEKAASUT JA NOKI

Useimpia kasvihuonekaasuja kuten vesihöyryä, hiilidioksidia, metaania ja typen oksideja esiintyy ilmakehässä myös luonnostaan. Ne hidastavat auringon energian heijastumista takaisin avaruuteen ja takaavat elämälle suotuisan lämpötilan maapallolla. Kun kasvihuonekaasujen määrä lisääntyy, maapallon säteilysumma kasvaa kaasujen hidastaessa lämpösäteilyn poistumista ilmakehästä. Useimmat kasvihuonekaasut ovat lisäksi pitkäikäisiä, viipyen ilmakehässä kymmeniä vuosia. Noen osalta puhutaan sadoista vuosista. Menneiden vuosikymmenien ”synnit” vaikuttavat siten pitkälle tulevaisuuteen.

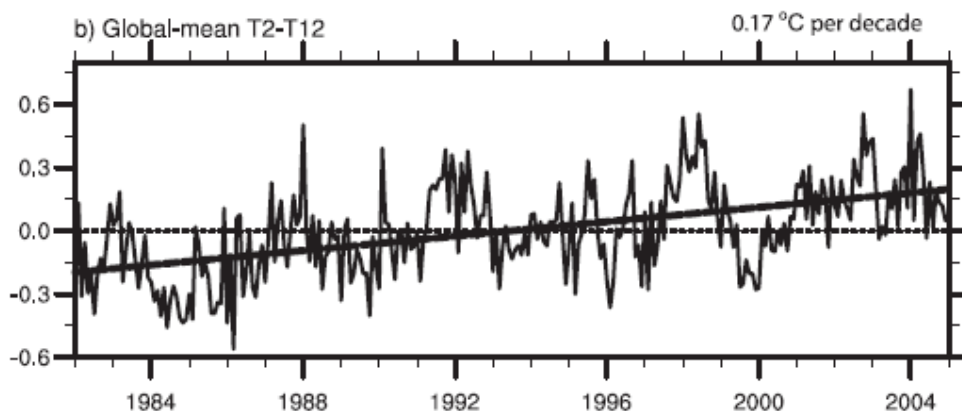
Kunkin kaasun vaikutusta ilmastoon kuvataan säteilyvasteella. Muillekin tekijöille kuten maanpinnan muutokselle voidaan laskea säteilyvaste. Vaste voi olla joko positiivinen eli lämpenemistä aiheuttava, tai negatiivinen eli lämpötilaa laskeva. Kaikkien kasvihuonekaasujen säteilyvaste on luonnollisesti positiivinen.

#### 3.1 Vesihöyry H<sub>2</sub>O

Kaikista kasvihuonekaasuista vesihöyryn merkitys lämpösäteilyn säilyttämisessä maanpinnalla on suurin. Alailmakehän kosteus on lisääntynyt vuodesta 1976. Vesihöyryn määrä valtamerien yllä on lisääntynyt vuodesta 1988 vuoteen 2004  $1,2 \pm 0,3$  %:n tahtia vuosikymmentä kohden. Vahvan SST -korrelaation mukaan vesihöyryn määrä on lisääntynyt 4 % vuodesta 1970.

Vesihöyryn merkitystä ihmisen aiheuttamassa ilmastonmuutoksessa vähentää sen elinikä ilmakehässä, joka on alle 10 päivää. Sen sijaan vesihöyry voi toimia lämpenemisen korostajana jos valtameret lämpenevät selvästi. Tällöin syntyy lisää vesihöyryä. Lämmin ilmakehä puolestaan sitoo vesihöyryä paremmin kuin viileä. Tällöin voi muodostua noidankehä, jolloin kasvihuoneilmiö voisi lopullisesti ”karata käsistä”. (IPCC 4)

Kuvassa 3. on esitetty ylemmän alailmakehän eli troposfäärin kosteuden lisääntymisen vaikutus säteilyvasteeseen.



Kuva 3. Troposfäärin kosteuden lisääntymisen vaikutus säteilyvasteeseen. (IPCC 4)

### 3.2 Hiilidioksidi CO<sub>2</sub>

Ilmakehän hiilidioksidi on lisääntynyt fossiilisten polttoaineiden käytöstä muun muassa tavaroiden kuljetukseen, rakennusten lämmittämiseen ja viilentämiseen sekä sementin ja muiden tuotteiden valmistuksesta. Metsien hakkaaminen on vähentänyt sitoutuneen hiilidioksidin määrää. Hiilidioksidia syntyy myös luonnollisista prosesseista kuten kasvimateriaalin hajoamisessa.

Ilmaston lämpenemisen kannalta hiilidioksidi on vesihöyryn jälkeen merkittävin kaasu. Ihmisen aiheuttaman lämpenemisen kannalta se on toistaiseksi tärkein kasvihuonekaasu. Ilmakehässä hiilidioksidin ”elinikä” on useita kymmeniä vuosia - jopa sata vuotta.

### 3.3 Metaani CH<sub>4</sub>

Metaanin määrä ilmakehässä on lisääntynyt maataloudesta, maakaasun jakelusta sekä kaatopaikoista johtuen. Maataloudessa erityisesti upporiisinviljely ja karjatalous tuottavat runsaasti metaania. Metaania syntyy myös luontaisesti soissa. Lähivuosina metaanin määrän kasvu ilmakehässä on ollut vuosittain noin 0,5 %. Metaani on massayksikköä kohden hiilidioksidia huomattavasti tehokkaampi kasvihuonekaasu. Metaanin eliniäksi ilmakehässä arvioidaan noin 9-15 vuotta (IPCC 4), (Ilmatieteen laitos 1)

### 3.4 Typpidioksidi N<sub>2</sub>O

Typpioksidia eli ilokaasua vapautuu ilmakehään lannoitteiden ja fossiilisten polttoaineiden käytön seurauksena. Myös luontaiset prosessit maaperässä ja merissä vapauttavat typpioksidia. Typpidioksidi on hiilidioksidia 296 kertaa tehokkaampi kasvihuonekaasu. Typpidioksidi lisää myös toista haitallista ilmiötä eli otsonikatoa. Typpidioksidin elinikä ilmakehässä on noin 120 vuotta. (Ilmatieteen laitos 1)

### 3.5 Halokarbonit

Klooratut fluorihiihiyhdisteet (erityisesti CFC-11 ja CFC-12) ovat myös kasvihuonekaasuja. Näitä yhdisteitä käytettiin yleisesti, ennen kuin käyttöä rajoitettiin otsonikerrosta tuhoavan vaikutuksen vuoksi. Nykyään näiden yhdisteiden määrä ilmakehässä on jo laskussa. Yhdisteitä syntyy tosin vähäisessä määrin myös luonnossa. (IPCC 4)

### 3.6 Alailmakehän otsoni O<sub>3</sub>

Hiilimonoksidi-, hiilivety- ja typpidioksidi-päästöt synnyttävät aineiden kemiallisessa reaktiossa kasvihuonekaasuna toimivaa alailmakehän otsonia. Alailmakehän otsoni on ilmastonmuutosta voimistava kasvihuonekaasu ja sen on todettu aiheuttavan ihmisille terveydellisiä ongelmia. (IPCC 4)

### **3.7 Noki**

Uusissa tutkimuksissa noen merkitys ilmastonmuutoksen aiheuttajana on korostunut. Nokea siirtyy ilmakehään puun, hiilen, dieselin sekä lehmänlannan poltosta. Jäätikölle laskeutuessaan noki nopeuttaa jäätikön sulamista, koska sen tumma väri absorboi valkoista väriä paremmin lämpösäteilyä. Jouduttuaan ilmakehään noki häviää vasta satojen vuosien päästä. (L.A. Times 08)

#### 4. ILMASTOMALLIT

Ilmastomallit ovat matemaattisia malleja, joissa luonto on kuvattu yhtälömuotoon. Niillä pyritään ennustamaan ilmastomuutoksen vaikutuksia ja laajuutta. Ilmastomallissa pyritään kuvaamaan ilmakehän, lumen ja jään, meren, maan sekä kasvillisuuden käyttäytyminen ja niiden vuorovaikutukset. Mallit perustuvat fysikaalisiin yhtälöihin, joista ne kirjoitetaan tietokoneelle sopiviksi. Ilmastomallit poikkeavat merkittävästi toisistaan. Niillä kuitenkin pystytään kuvaamaan melko luotettavasti maapallon ilmaston lainalaisuuksia. (Ilmatieteen laitos 2)

Ilmastomallien luotettavuus on lämpötilan osalta korkeampi kuin muiden tekijöiden kuten kosteuden osalta. Tarkkuuteen, laskentamenetelmiin ja parametrisointiin on tehty jatkuvasti parannuksia ja ”lisäprosesseja” kuten interaktiivisia aerosoleja on lisätty ilmastomalleihin. (IPCC 4)

Mallien toimivuutta voidaan testata eri tavoin. Yksi tapa on lyhyen ajan ennusteiden tekeminen tulevaisuuteen. Saatuja tuloksia verrataan myöhemmin mitattuihin. Toinen tapa on menneen ilmaston ”ennustaminen”. Saatuja tuloksia voidaan tällöin verrata mitattuihin arvoihin reaaliajassa. Ilmastomalleilla pystytään kuvaamaan menneen ajan ilmasto jopa tuhansien vuosien taakse. Esimerkiksi 21 000 vuoden takaisen jäätiköitymisen vaiheet voidaan esittää mallien avulla. (IPCC 4)

Ilmastomallien antamat samansuuntaiset tulokset vahvistavat toisiaan. Jos ilmastomalli antaa kovin erilaisia tuloksia muihin malleihin verrattuna, voidaan sen luotettavuutta epäillä. Ennustettaessa esimerkiksi Suomen ilmastoa kolmen mallin antama samansuuntainen tulos ei vielä ole kovinkaan luotettava. Malleja tarvitaan enemmän. (Ruosteenoja 2008)

”Useat ilmastomallikokeet ennustavat lämpötilan nousevan Pohjoismaissa – erityisesti talvella (Esim. Räisänen 2000 ja Räisänen et al. 2004)” (Ruokol. et al. 05)



#### **4.1 RCAO-ilmastomalli**

RCAO-malli on Ruotsin meteorologisen yhdistyksen (SMHI) kytketty alueellinen ilmastomalli (Rossby Centre Coupled International Climate model). Mallin pääkomponentit ovat ilmakehämalli RCA2 (Jones 2001, Bringfelt et al. 2001) ja Itämerimalli RCO (Meier et al. 1999, Meier 2001). Komponenttimallit yhdistävät muuttujansa ja virtauksensa soveltuvin osin OASIS-ohjelmistolla.

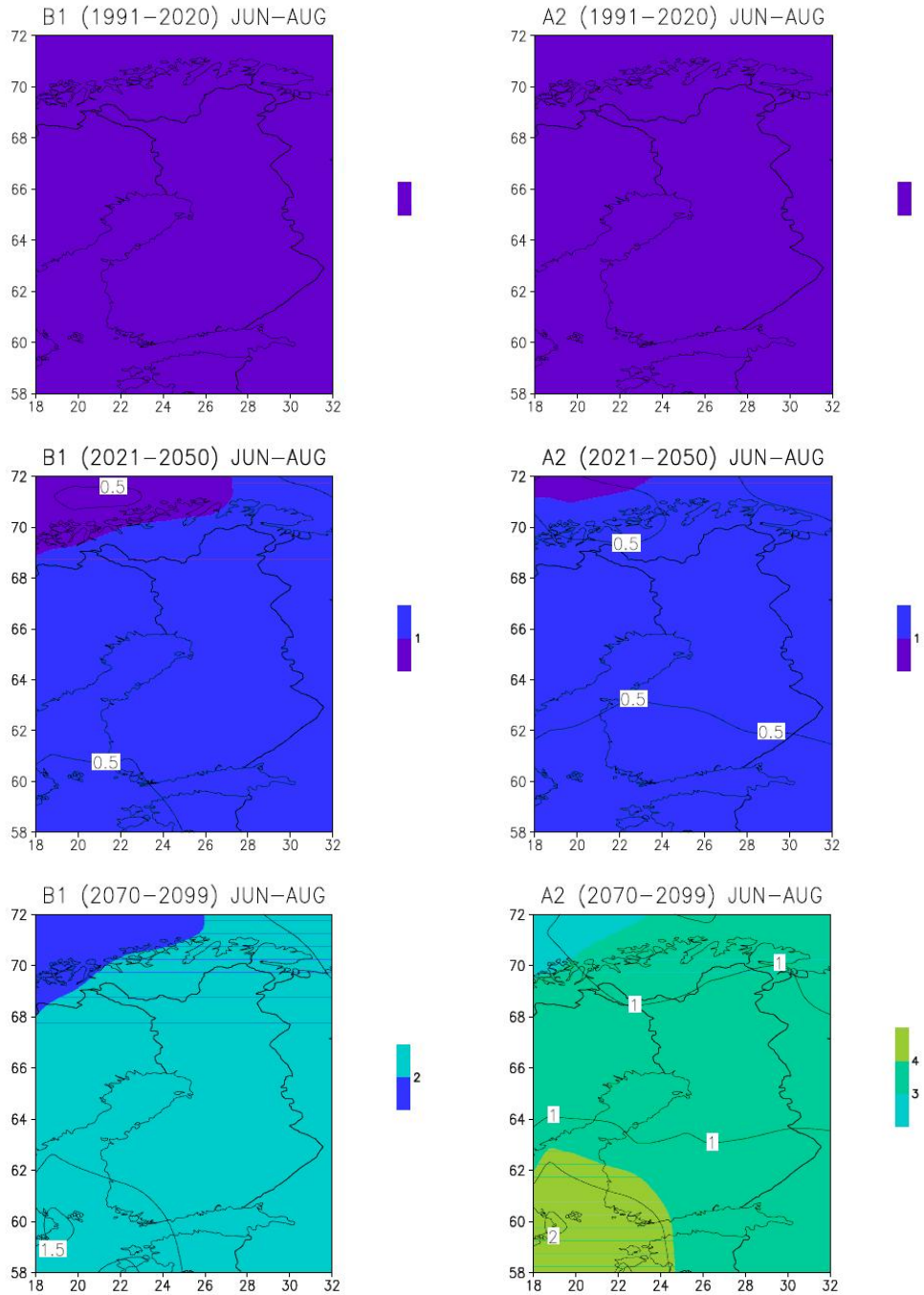
Malli koostuu  $106 \times 102 = 10\,812$ :sta  $49 \times 49$  km:n hilaruudusta vaakatasossa ja 24 pystytasossa, kattaen suurimman osan Eurooppaa. (Ruokol. et al.05)

#### **4.2 ECHAM5-ilmastomalli**

ECHAM5 on Saksan Hampurissa sijaitsevan Max Planck – meteorologisen instituutin yhdistetty ilmastomalli. Sen vain ilmakehän sisältävä versio tuottaa hyvin yhtenevät tulokset 40 vuotta kattavan ECMWF (ERA-40) uudelleenanalysoinnin kanssa. Tämä antaa mallille uskottavuutta. Malli on rekisteröitymisen jälkeen ladattavissa internetistä ilmaiseksi. Mallin menestyksellinen suoritus vaatii supertietokoneen tai usean tietokoneen laskentatehon. Ilmatieteen laitos on tehnyt Suomessa laskelmia ECHAM5 :llä. (Bengtson et. al. 05), (Max-Planck Institut.), (Ilmatieteen laitos 3)

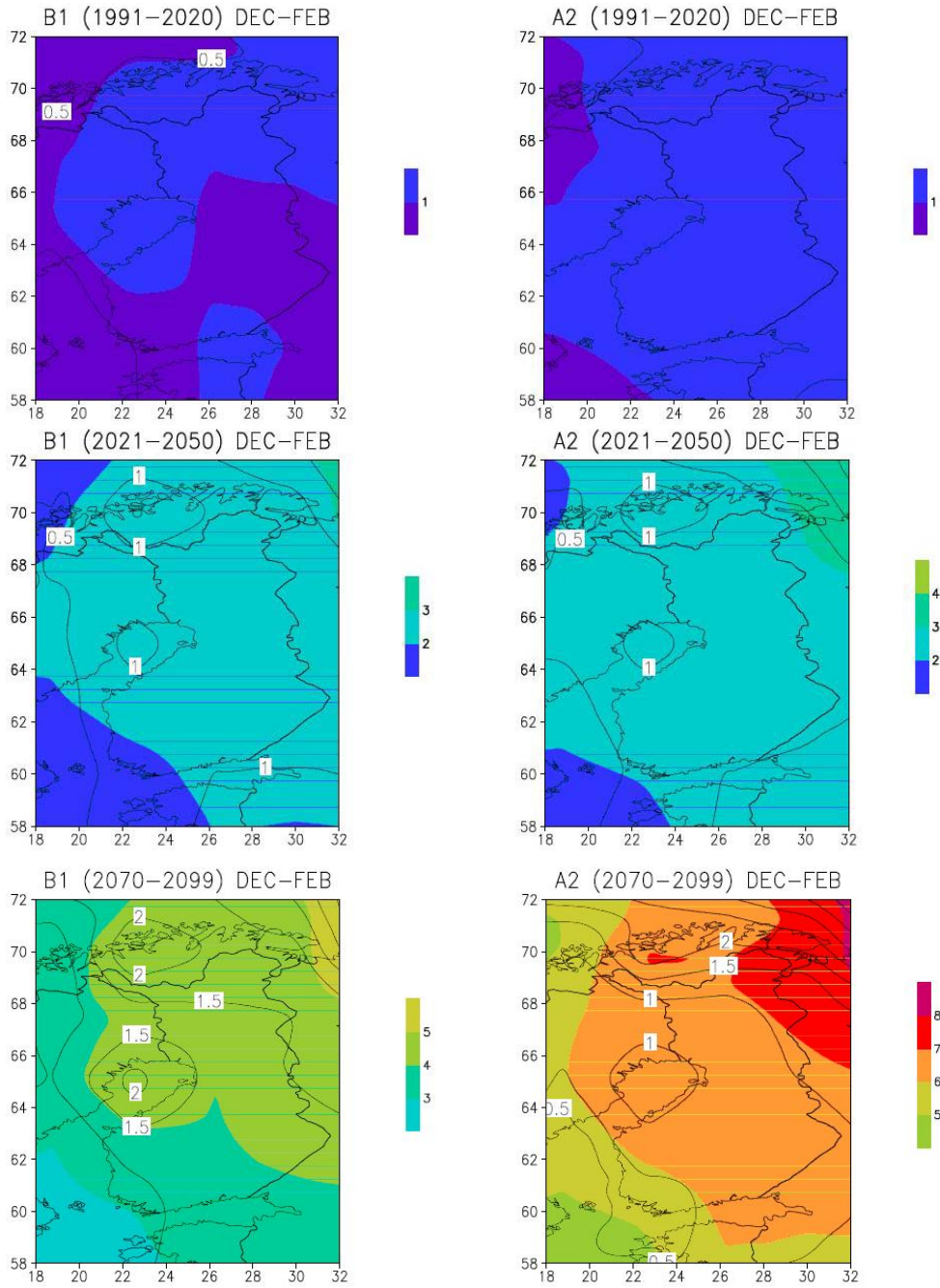
#### **4.3 Keskiarvomalli**

Tutkimuksessaan (Ruosteenoja et al.05) tutkijat käyttivät olemassa olevia ilmastomallituloksia, laskivat niistä painotetun keskiarvon ja interpoloivat tulokset karttapohjalle  $0,5^\circ$  välein. Kaikkien kuuden käytetyn ilmastomallin hilaruudut olivat pystysuunnassa 400 km tai vähemmän. Kuvassa 4. on esitetty kuuden eri ilmastomallin painotetusta keskiarvosta saatu kesäkuukausien lämpötilan muutos kahdella eri kasvihuonekaasutasolla. Huomataan, että lämpenemä (esitetty kuvassa väreillä ei viivoituksella) on tämän mallin mukaan ensimmäisien tarkkailujaksojen aikana vaihtelevaa. Viimeisellä tarkkailujaksolla (2070 - 2099) lämpeneminen on voimakkainta Lounais-Suomessa - jopa  $+4^\circ\text{C}$ . (Ruosteenoja et al. 05)



Kuva 4. Kesälämpötilojen muutos kolmena vertailuajanjaksona. Lämpötilamuutokset on merkitty värein kuvan oikealla puolella. (Ruosteenoja et al. 05)

Kuvassa 5. on esitetty talvikuukausien lämpötilojen muutos. Huomataan, että lämpeneminen on voimakkaampaa kuin kesäisin painottuen maan itä- ja pohjoisosiin. Suurin lämpenemä olisi A2:n päästötasolla + 7 °C.



Kuva 5. Talvilämpötilojen muutos kolmena ajanjaksona. Lämpötilamuutokset on merkitty värein kuvan oikealla puolella. (Ruosteenoja et al. 05)

## **5. PÄTEVIMMÄT ILMASTONMUUTOKSEN TODISTEET**

### **5.1 Muutokset kasvihuonekaasujen määrissä**

Yleisimmin esitettyjä todisteita ilmastomuutoksen puolesta ovat ilmakehän ja merien lämpötilamittaustulokset yhdessä hiilioksidin määrästä saatujen mittaustulosten kanssa. Napajäiden sulamisen, jäätiköiden vetäytymisen ja näistä seuraava merenpinnan nousun uskotaan yleisesti olevan seurauksia ihmisen toiminnasta.

Tarkkoja lämpötilamittauksia on olemassa noin 100 - 150 vuoden ajalta. Pitkän aikavälin lämpötiloja voidaan selvittää esimerkiksi puiden kasvusta ja jäänmuodostuksesta saatujen tietojen avulla. Ilmakehän kaasukoostumusta voidaan tutkia jääkairausnäytteistä vapauttamalla jäähän varastoitunutta ilmaa. Jääkairauksista saatujen tulosten mukaan hiilidioksidin määrä ilmakehässä on nyt suurimmillaan 650 000 vuoteen. Esiteollisella ajalla hiilidioksidin määrä oli 280 ppm kun se vuonna 2005 oli jo 379 ppm (IPCC 4)

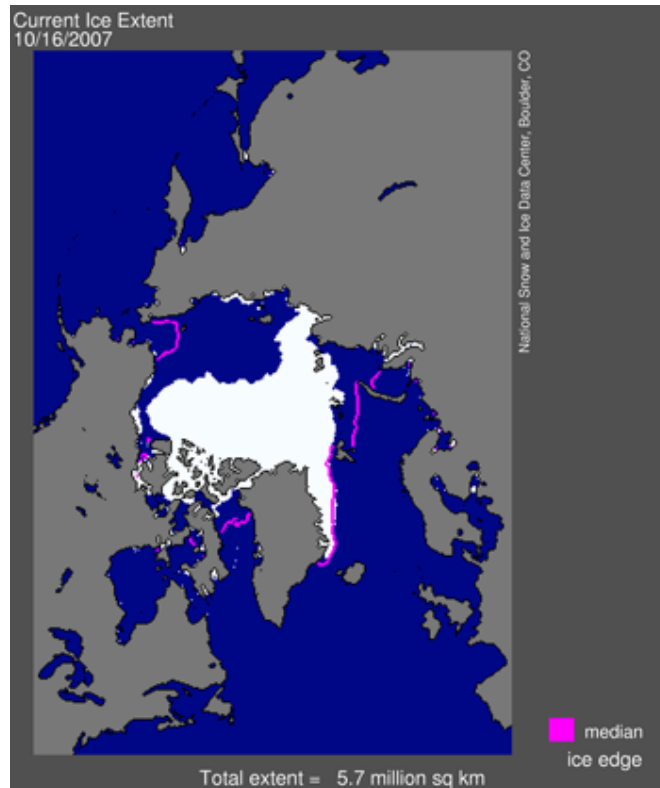
Metaanin pitoisuus ilmakehässä oli esiteollisella ajalla 715 ppb:tä. Vuonna 1990 metaani oli jo 1732 ppb:tä ja kasvu jatkui edelleen vuoteen 2005, jolloin metaania oli 1774 ppb:tä. Typen oksidien määrä oli esiteollisella ajalla 270 ppb:tä. Vuonna 2005 typen oksideja mitattiin 319 ppb:tä. (IPCC 4)

### **5.2 Jo näkyvät lämpötilamuutokset**

Maapallon lämpötila on noussut 0,8 astetta sadassa vuodessa. 1970-luvulta lähtien muutos on ollut lähes 0,5 astetta. Vuodesta 1850 aloitetun mittaussarjan 11 lämpimintä vuotta on mitattu viimeisen 12 vuoden aikana vuosina 1995 - 2006. (Ilmatieteenlaitos b)

Aasian pohjoispuolinen koillisväylä oli jäistä vapaa kesällä 2007. Tanskalaisten tutkijoiden tuoreimpien tutkimusten mukaan napajää saattaa sulaa pois jo 10 vuoden kuluessa. IPCC:n esittämä arvio on noin 30 vuotta. Uusimpien tutkimuksien mukaan jälle laskeutunut ilmakehän noki lisää voimakkaasti sulamista. Kuvassa 6. on

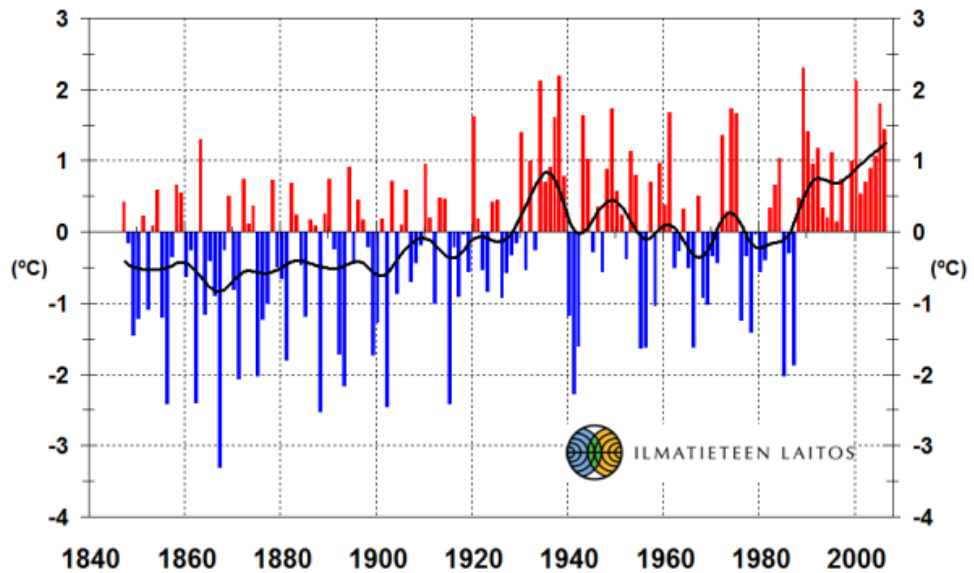
esitetty pohjoisen napaseudun jäätilanne lokakuussa 2007. Huomataan, että jäätikkö oli kutistunut noin 40 % keskimääräisestä arvostaan.



Kuva 6. Pohjoisen napaseudun jäätilanne (lokakuu 2007). Jäätikönreunan mediaani on merkitty vaaleanpunaisella. (NSIDC 2007)

### 5.3 Suomen ilmastotrendit

Kuvassa 7. on esitetty Suomen keskivuosislämpötilojen poikkeus keskiarvosta. Huomataan, että Suomen lähivuodet ovat lähes poikkeuksetta olleet keskimääräistä lämpimämpiä. Lämmin jakso on jo huomattavasti pidempi kuin 1930-luvun lämmin ajanjakso. 1930-luvun lämpimyden puolestaan arvellaan johtuneen auringon toiminnan voimistumisesta sekä tulivuorenpurkausten puuttumisesta.



Kuva 7. Suomen vuosikeskilämpötilojen (1869 - 2006) poikkeus [ $^{\circ}\text{C}$ ] keskiarvosta (1960-1990). (Ilmatieteenlaitos 4)

#### 5.4 Suomen terminen talvi 2008

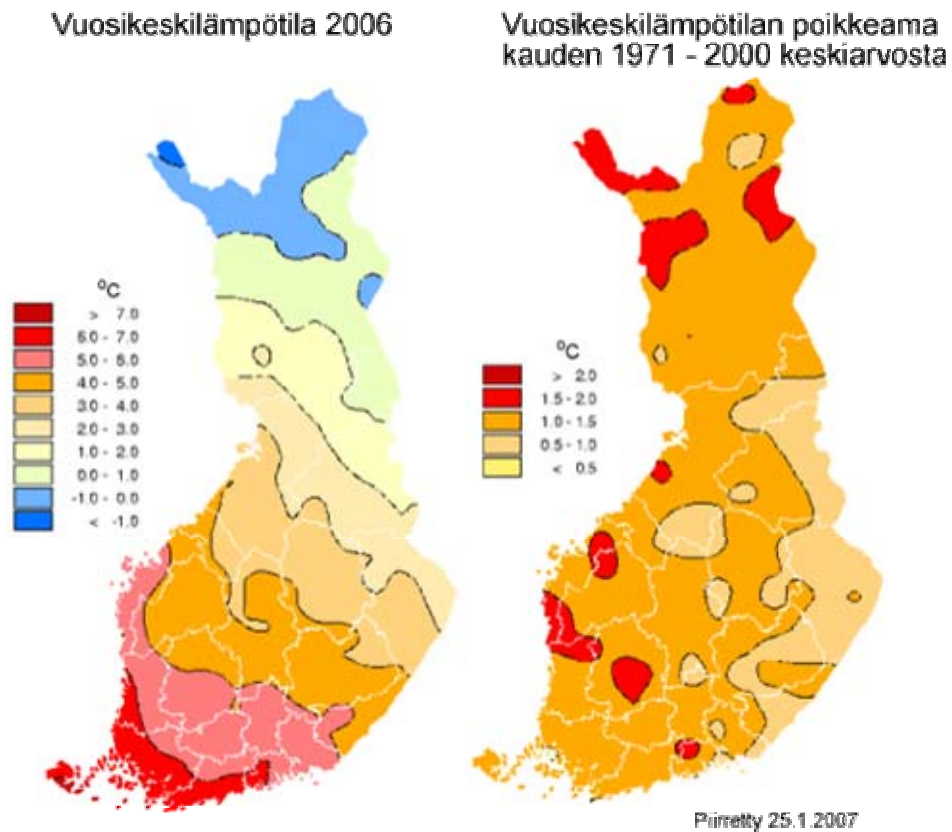
Vuoden 2008 talvi oli koko maassa poikkeuksellisen leuto. Määritelmän mukaan terminen talvi alkaa kun vuorokauden keskilämpötila laskee 5-7 päivän ajaksi pakkasen puolelle. Eteläisimmän Suomen talvi oli niin lämmin, ettei terminen talvi ehtinyt alkaa kun vasta 19.3. Suomen tilastoidun säähistorian aikana ei ole kertaakaan ollut tällaista tilannetta. (YLE 2008)

#### 5.5 Ennätyslämmin vuosi 2006

Vuosi 2006 oli ennätyslämmin maailmassa. Vuosi oli ennätyslämmin myös Suomessa, ennätyslämmin ja ennätysellisen kostea Kiinassa, ennätysellisen lämmin Isossa-Britanniassa, Alankomaissa, Espanjassa; toiseksi lämpimin Yhdysvalloissa ja Kanadassa. Toisin kuin vuonna 1998 ennätyslämpimänä vuotena, lämpimyys ei monissa maissa ollut seurausta El Niño ilmiöstä.

## 5.6 Ennätyslämmin vuosi 2006 Suomessa

Kuvassa 8. on esitetty Suomen vuoden 2006 vuotuiset keskilämpötilat sekä poikkeama pitkän ajan keskiarvosta. Huomataan, että vuonna 2006 Suomessa oli keskimäärin 1,0 - 1,5 astetta keskimääräistä lämpimämpää. Vähiten lämpötilat poikkesivat keskimääräisestä Itä-Suomessa (0,5-1,0 °C) ja eniten hajanaisilla alueilla Länsi- ja Pohjois-Suomessa (1,5-2,0 °C).



Kuva 8. Suomen vuoden 2006 vuosikeskilämpötila ja sen poikkeus [°C] keskiarvosta (1971 - 2000). (Ilmatieteenlaitos 6)

Taulukossa 1. on esitetty Suomen vuoden 2006 keskilämpötilat ja keskisademäärät sekä verrataan näitä pitkän ajan keskiarvoon. Esimerkkikaupungeista suurin poikkeama keskilämpötilassa oli Sodankylässä (1,4 °C). Sademäärissä jäätiin kaikissa esimerkkikaupungeissa alle pitkän aikavälin keskiarvon. Vuosi 2006 on vain yksi esimerkki lähiajan lämpimistä vuosista. (Ilmatieteen laitos 5)

Taulukko 1. Vuoden 2006 sademäärät ja lämpötilat Suomessa. (Ilmatieteen laitos 6)

Mittauspaikka	Vuoden 2006 keskilämpötila [°C]	Keskimäärin 1971-2000 [°C]	Ero 1971-2000 keskiarvosta [°C]	Vuosisade 2006 [mm]	Keskimäärin kaudella 1971-2000 [mm]	Ero 1971-2000 keskiarvosta [mm]
HKI-Vantaa	6,1	4,9	1,2	558	650	-92
HKI-Kaisaniemi	6,7	5,6	1,1	522	642	-120
Jyväskylä	4,1	2,9	1,2	508	638	-130
Oulu *	3,4	2,4	1,0	442	446	-4
Sodankylä	0,6	-0,8	1,4	408	507	-99
*sademäärä mitattu Ruukissa						

## 5.7 Lämpenemisen eteneminen

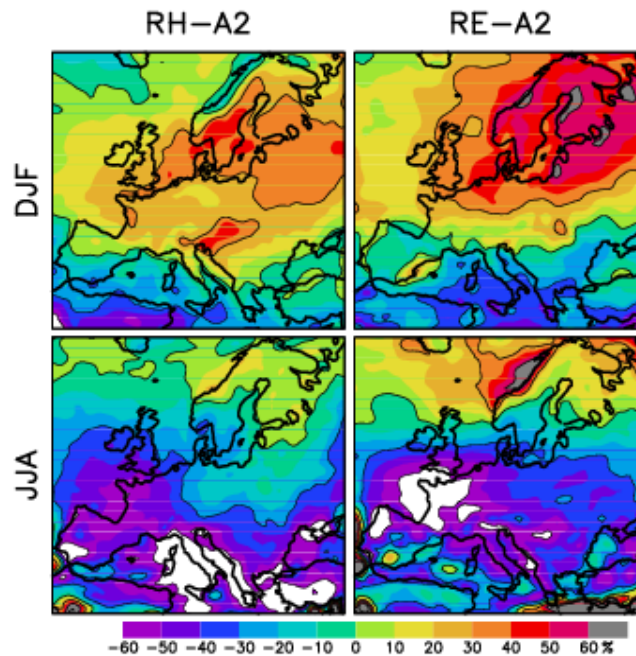
IPCC eli ”The Intergovernmental Panel on Climate Change” on Maailman meteorologisen säätiön (WMO) ja Yhdistyneitten Kansakuntien Ympäristöohjelman (UNEP) yhdessä perustama tieteellinen foorumi. IPCC:n raportteja on ollut laatimissa ja tarkastamassa noin 4 000 tutkijaa. Raportin tarkoituksena on tieteellisesti pätevän ilmastotiedon saaminen yleiseen käyttöön. IPCC:n neljäs ilmastoraportti (2006 - 2007) ennustaa maapallon ilmaston lämpenevän alussa noin 0,2 astetta vuosikymmenessä. Myöhemmin lisälämpenemistä tulee 0,1 astetta vuosikymmentä kohti. Päästöjen ylittäessä tavoitteena olevan vuoden 2000 päästötason lämpeneminen voi olla tätäkin rajumpaa. (IPCC 4)



## 5.8 Muutokset sademäärissä

PRUDENCE -projekti on yksi ilmastonmuutoksen tutkimukseen perehtyneistä organisaatioista. Sen tehtävänä on ollut ilmastomallien antaman korkean resoluution tietojen syöttäminen seuraus-haitta-malliin ja sosiaalis-taloudellisten seurausten saaminen eurooppalaisten poliitikkojen käyttöön.

Kuvassa 9. on esitetty RH-A2 ja RE-A2 mallien mukaiset muutokset Euroopan sademäärissä vuoteen 2100 mennessä. Huomataan, että molemmat mallit ennustavat talvisateisuuden kasvavan Pohjois-Euroopassa 30 % (RH-A2) ja jopa 60 % (RE-A2), mutta vähenevän Etelä-Euroopassa 10 - 20 %. Molemmat mallit ennakoivat Etelä-Euroopan sademäärien laskevan merkittävästi kesäisin.



Kuva 9. RH-A2 ja RE-A2 mallien esittämät muutokset sademäärissä tämän vuosisadan loppupuoleen mennessä. (Räisänen et al. 03)

## **6. LEUDON TALVISÄÄN VAIKUTUS SÄHKÖNJAKELUUN**

### **6.1 Roudan väheneminen**

Roudalla tarkoitetaan jäätynyttä maavettä. Tyypillisesti Suomessa on routaa talvisaikaan 0 – 1,5 m. Ilmaston lämpeneminen ohentaa tai poistaa kokonaan maaperän routakerroksen. Talvella, kun auringon säteily on vähäistä haihdunta vähäistä, roudaton maaperä on kosteaa ja pehmeää. Tällöin puut ja sähköpylväät kaatuvat helpommin esimerkiksi myrskytuulien seurauksena. Toisaalta lumeton maaperä routaantuu pakkaskelissä lumipeitteistö maata helpommin, joten routaa esiintyy Etelä-Suomessa keskitalvella jatkossakin. (Ilmatieteen laitos 7)

### **6.2 Tykkylumi**

Tykkylumeksi tai tykyksi kutsutaan puihin lujasti tarttunutta lunta, joka on syntynyt lumen lisäksi jäästä ja jääkiteistä. Tykkylunta muodostuu kun ilmassa on suuri määrä kosteutta, yleensä sumua tai sumupilveä ja kun olosuhde kosteuden tarttumiselle on otollinen. Kaksi pääasiallista lumen tarttumistapaa ovat:

1. Huurtumismyötävaikutus.
2. Sadepisaroiden myötävaikutus- erityisesti kostean lumen tarttuminen ja jäätyminen.

Yhteen kuuseen saattaa kertyä lunta 4-5 tonnia. Lumen painosta pitkät oksat saattavat painua alas ja osua sähkölinjaan tai katketa linjan päälle ja näin aiheuttaa häiriöitä sähkönjakeluun. (Ilmatieteen laitos 8)

Suomessa tykkyä kertyy nykyisin eniten Pohjois-Suomen keskiosissa vaara-alueiden lakimetsiin (Sotkamo-Salla-alueella). Tätä etelämpänä suojasää pudottaa tykyn puista. Ilmaston lämpeneminen tulee lisäämään talvilämpötiloja, jotka vaihtelevat nollan molemmin puolin. Tällainen säätyyppi on omiaan lisäämään tykkylumirasitusta yhdessä sademäärien kasvun kanssa. Toisaalta jos lämpötilat nousevat riittävän paljon lumisateen osuus vähenee ja sateet tulevat talvisinkin vetenä.

### **6.2.1 Huurretykky**

Huurretykky on tykkylunta, joka on syntynyt huurrekertymistä, eli pilvi- ja sumupisaroista, joiden halkaisija on alle 0,1 mm. Huurretykkyä syntyy myös puihin kiinnittyen lumi- ja jääkiteistä. Tällainen tykky syntyy huurteen sitomana tai jääkiteiden muodonmuutoksien seurauksena. (Ilmatieteen laitos 8)

### **6.2.2 Nuoskatyky**

Nuoskatyky on kosteasta lumesta puustoon kiinnittyvää lumimassaa. Yli puolet nuoskatykystä on syntynyt vesi- ja tihkusateesta ja erityisesti jo ennen puustoon laskeutumistaan kostuneesta erittäin tarttumiskykyisestä lumesta.

(Ilmatieteen laitos 8)

## **6.3 Tykkylumen haitat**

### *Pien- ja keskijännitelinjat*

Tykkylumi rasittaa ilmajohtimia kertyessään linjojen päälle. Johtimet voivat jopa painua kosketuksiin maakasvillisuuden kanssa. Jos samassa pylväässä on sekä keskijännite että pienjännitejohtimia, voivat ne joutua kosketuksiin keskenään ja aiheuttaa häiriön. Tykkylumi voi myös aiheuttaa puiden oksien katkeamista ja painumista linjoille. Jopa kokonaisia puita voi kaatua. Tykkylumi kasvattaa jännitelinjan kulmapylväihin kohdistuvaa taakkaa - joskus jopa katkeamiseen asti.

Vahinkojen minimoimiseksi tykkylumelle herkillä alueilla kannattaa panostaa raivaukseen ja oksimiseen sekä varmistaa johdon ja pylväsrakenteiden riittävä lujuus tykkykuormia vastaan. (Martikainen et al. 07)

### *Siirtojohdot*

Tykkyä kertyy erityisesti siirtojohtojen ylimpiin osiin, ns. ukkosjohtimiin, joiden tarkoitus on kerätä johtoon osuvien salamoiden virrat. Kertynyt tykkylumi kasvattaa johtimien riippumaa. Tällöin ukkosjohdin voi ulottua aina vaihejohtimen tasolle. Tuulen vaikutuksesta johtimet saattavat koskettaa toisiaan jolloin seurauksena on maasulku sekä johdon laukeaminen pois verkosta. Hyvässä tapauksessa, lumen tai jään pudotessa pois jälleenkytkentäautomaattiikka kytkee jännitteen takaisin. Kuorman

muodostuessa erittäin suureksi voi ukkosjohdin katketa ja pudota vaihejohtimen päälle. Tällöin aiheutuu pysyvä maasulku. (Fingrid)

## 7. MYRSKYT

Suomen kielessä myrsky tarkoittaa voimakasta tuulta. Myrskyksi tuuli luokitellaan jos keskimääräinen tuulennopeus on kymmenen minuutin ajalta vähintään 21 m/s. Käytännössä myrskyn määritelmän täyttävää tuulta ei esiinny Suomen sisämaassa - paitsi tuntureilla. Englannin kielessä sanalla ”storm” tarkoitetaan tuulen ja myrskyn lisäksi voimakasta sääilmiötä. Sanan taakse ei välttämättä kätkeydy lainkaan voimakkaita tuulia, vaan kyseessä voi olla esimerkiksi hyvin voimakas sade tai ukonilma. Taulukossa 2. on esitetty boforiasteikon loppupää. (Jylhä 2007), (Ilmatieteen laitos 9)

Taulukko 2. Sään luokittelu Beaufortin eli Boforin asteikolla. (NOAA)

Boforia	Nimitys	Tuulennopeus [m/s]	Tuulen vaikutus sisämaassa	Tuulen vaikutus avomerellä	Virtauspaine [kg/m <sup>2</sup> ]
7	Kova tuuli	13,9-17,1	puut heiluvat, on vaikea kulkea vasten tuulta	aaltojen huiput murtuvat, vaahto järjestyä tuulen suuntaisiksi juoviksi, kohina kuuluu kauas	12,0 - 18,3
8	Kova tuuli	17,2-20,7	katkoo puiden oksia, ulkona liikkuminen vaikeaa	aallot pitkiä ja verraten korkeita, vaahto tiheinä tuulen suuntaisina juovina	18,4 - 26,8
9	Myrsky	20,8-24,4	aiheuttaa pieniä vaurioita rakennuksille (irrottaa kattotiiliä ja savupiippujen huppua)	aallot korkeita ja niiden pärske huonontaa hieman näkyvyyttä, meri pauhuaa	26,9 - 37,3

10	Myrsky	24,5-28,4	kiskoo puita juurineen, aiheuttaa huomattavaa vahinkoa rakennuksille	meri aaltovuorina, merenpinta valkoisena vaahdosta, pauhu kovaa, puuskittaista, pärske huonontaa näkyvyyttä	37,4 - 50,5
11	Myrsky	28,5-32,6	kaataa metsää, siirtää rakennuksia	näköpiirissä olevat laivat katoavat aaltovuorten taakse, koko merenpinta valkoisena	50,6 - 66,5
12	Hirmumyrsky	$\geq 32,7$	perinpohjaista tuhoa	Koko merenpinta valkoisena, näkyvyys erittäin huono	$\geq 66,5$

### 7.1 Myrskyn synty

Myrskyn syntymiseen vaadittavat elementit ovat kosteus ja lämpö. Kun kylmä pohjoinen ilma työntyy vasten eteläistä ilmassaa, syntyy vastapäivään pyörivä ilmavirtaus, jonka keskelle jää syvenevä matalapaineen keskus. Lämpötilaerojen säilyessä riittävän ajan syntyy myrsky ja tuulenoisuus voi kasvaa jopa 55 m/s. (Haanpää et al.)

Suurin osa Läntistä Eurooppaa koskettavista myrskyistä syntyy keskileveysien läntisessä tuulivyössä. Näitä myrskyjä kutsutaan tropiikin ulkopuolisiksi myrskyiksi. Euroopan ilmastoon vaikuttavat suurelta osin liikkuvat syklonit. Useimpien myrskysykloneiden reitti noudattelee vanhoja, tuttuja myrskyreittejä. Useimmiten reitti kulkee koilliseen Norjanmeren yli. Tällöin Pohjois-Euroopan länsiosiin saapuu runsaasti kosteutta ja lauhaa säätä. Eteläisempi reittivaihtoehto tuo kosteutta Etelä-Eurooppaan, jolloin Pohjois-Eurooppaan pääsee Jäämereltä viileää ilmassaa. Nämä myrskyreittien reittimuutokset liittyvät suuremman mittakaavan ilmakehän kiertoihin, kuten Pohjois-Atlantin oskillaatioon (NAO). (Bengtson et al. 05)

## **7.2 Itämerialueen myrskyjen syntymekanismi**

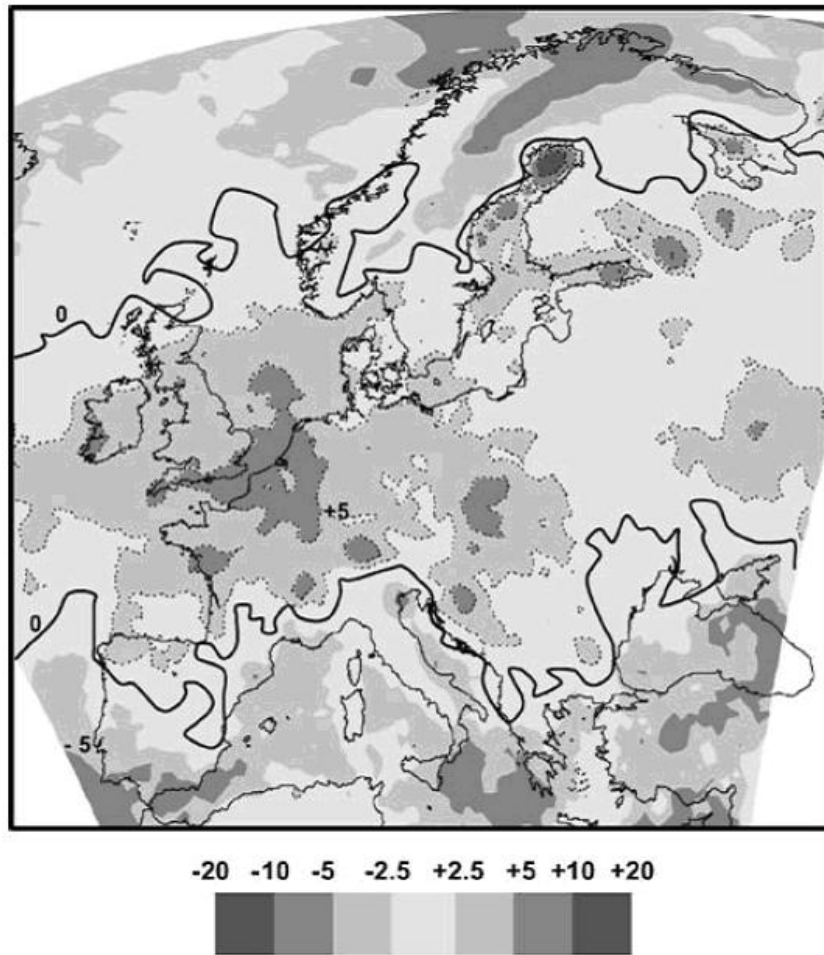
Pohjois-Eurooppaa runtelevat myrskyt syntyvät niin sanotussa polaarisisä rintamassa. Polaarinen rintama sijaitsee 50 ja 60 leveyspiirin välissä. Täällä kohtaavat varsinkin talvisaikaan pohjoisen kylmä ilmamassa ja etelän lämmin ilmamassa. Keskitalvella Skandinavian yllä oleva ilmamassa ei juuri lämpene auringon vaikutuksesta. Sen sijaan etelämpänä 50. leveyspiirin eteläpuolella ilmaa lämmittävät sekä aurinko että ympäröivä meri.

## **7.3 Lämpenemisen vaikutus myrskyihin**

IPCC on tutkinut kasvihuoneilmiön voimistumisen vaikutusta myrskyreitteihin. Raportissaan (A1B-skenario) se toteaa, että ei ole olemassa viitteitä eikä todisteita myrskyjen voimistumisesta vuoteen 2100 mennessä. Sen sijaan IPCC toteaa, että paikallisiin myrskyihin ja myrskyreitteihin tulee todennäköisesti muutoksia. Myrskyreitit tulevat siirtymään kohti napa-alueita molemmilla pallonpuoliskoilla. Muutos tulee olemaan selvempää eteläisellä pallonpuoliskolla. (IPCC 4)

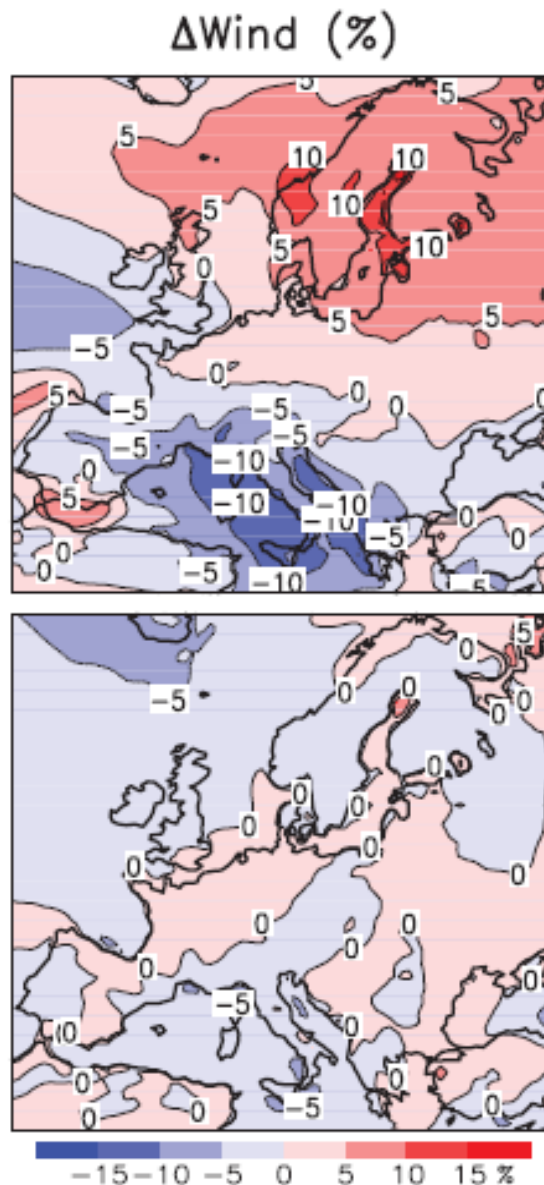
IPCC toteaa, että eteläisen Euroopan myrskyreitin heiketessä Brittein Saarten pohjoispuolinen myrskyreitti tulee todennäköisesti voimistumaan. Tällainen muutos luultavasti pahentaisi myrskytilannetta Pohjoismaissa ja Baltiassa. Toisaalta IPCC huomauttaa saaduista ristiriitaisista tuloksista eri ilmastomalleilla. Uusimmassa raportissaan IPCC arvelee varovaisesti, että tuulennopeuden muutos saattaisi olla kahden Prudence -projektissa käytetyn mallin tulosten välillä. Kuvasta 10. huomataan, että muutos Suomen osalta olisi tällöin noin viisi prosenttia. (IPCC 4)

Kuvassa 10. on esitetty ruotsalaisen ”Rossby –Centre”-n RCAO -yhdistelmämallin avulla tehty tuulennopeuksien muutoskartta. Mallin mukaan maksimaalisten talvituulennopeudet kasvavat Etelä- ja Kaakkois-Suomessa keskimäärin 2,5 – 5 %. Perämerelle ennustetaan tätäkin suurempaa tuulennopeuksien kasvua. Pohjoisimman Lapin suurimmat talvituulennopeudet yllättäen laskevat ennustemallin mukaan 2,5 - 10 %.



Kuva 10. RCAO –ilmastomallilla laskettu päivittäisten maksimituulennopeuksien muutos [%] (DJF). Vertailussa vuodet 1961-1990 ja 2071-2100. Positiivinen muutos on ympäröity katkoviivoin ja negatiivinen muutos yhtenäisviivoin.  
(Beniston et al. 07)

Kuvassa 11. on esitetty RCM –mallilla saatuja tuulennopeusmuutostuloksia. Huomataan, että pohjatiedosta riippuen mallit antavat toisistaan poikkeavat tulokset.  
(IPCC 4)



Kuva 11. SRES A2-skenaarioon perustuvat RCM-mallilla (Rossby Centre regional Atmosphere-Ocean model) saadut muutokset tuulennopeuksissa (vertailussa vuodet 1961-1990 ja 2071-2100). Ylempänä on käytetty pohjatietona ECHAM4/OPYC3 globaalimallia ja alempana HadAM3H -mallia. (IPCC 4)

Myrskyjen lukumäärän ja voimakkuuden ennustaminen onkin vaikeaa. Esimerkiksi Kimmo Ruosteenoja Ilmatieteen laitokselta vastasi kysymykseen myrskyjen ennustamisesta seuraavasti: ”Valitettavasti mallit ovat kovin erimielisiä siitä, missä päin maailmaa myrskyt puhaltavat tulevaisuudessa nykyistä voimakkaammin ja missä nykyistä vaimeammin. Tämä ennustamisen vaikeus koskee eritoten tropiikin ulkopuolisia alueita. Sen sijaan jonkinmoisia viitteitä on siitä, että trooppiset



pyörremyrskyt voimistuisivat monilla alueilla, mutta niiden lukumäärä ei välttämättä lisäännny, saattaa pikemminkin vähentyä”. (Ruosteenoja 2007)

## 8. POHJOLAN GUDRUN-MYRSKY

Pohjois-Eurooppaa koetteli tammikuun 7.-9. päivänä 2005 talvimyrsky. Myrsky oli voimakkain sitten vuoden 1969. Norjalaiset nimesivät myrskyn ”Gudruniksi” ja britit ”Earliksi”. Myrsky vaati Ruotsissa seitsemän ja Tanskassa neljä uhria. Britanniassa ja Irlannissa kuoli kuusi henkeä. Myrskyn jälkeisissä raivaustöissä kuoli eri lähteiden mukaan 10 - 20 henkilöä. Kuvassa 12. on esitetty Gudrun-myrskyn reitti ja vaikutusalue. (Haanpää et al.).



Kuva 12. Gudrun-myrskyn reitti ja vaikutusalue. (Haanpää et al.)

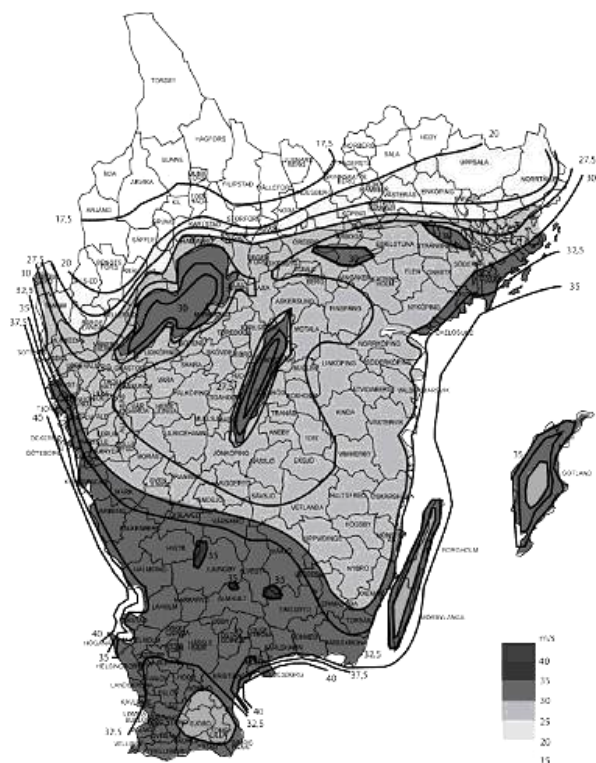
Taulukossa 3. on esitetty tuulennopeudet Gudrun-myrskyn aikana. Huomataan, että Gudrun-myrsky iski kovimmin Tanskaan, Ruotsiin ja Viroon. Suomessa tuulennopeudet eivät olleet aivan suurmyrskyn luokkaa.

Taulukko 3. Gudrun-myrskyn tuulenopeus Itämeren valtioissa (Haanpää et al.)

Maa		Tuulenpuuskien enimmäisnopeus [m/s]	Suurin pysyvä tuulenopeus [m/s]
Tanska	Rannikko	41-46	28-34
	Sisämaa	30-33	
Ruotsi	Hanö	42	33
	Ljungby, Växjö	33	-----
Puola		34	20
Liettua		32	26
Viro	Kihnu	37,5	-----
	Sorve	37,5	28
Suomi	Hanko Tulliniemi, etelärannikko	30	-----
	Lemland Nyhamn, Rauma Kylmäpihlaja	-----	24

### 8.1 Gudrun-myrskyn tuhot

Kuvassa 13. on esitetty tuulennopeudet Ruotsissa. Huomataan, että tuuli puhalsi voimakkaimmin; yli 30 m/s Etelä-Ruotsissa: Göteborgin läänissä, Smoolannissa ja Skoonessa. Pohjoisempana oli pienempiä voimakkaan tuulen keskuksia. Norjan ja Ruotsin välinen Skandit luultavimmin voimistivat tuulia kohdistamalla virtauksia erityisesti Ruotsin eteläisimpiin osiin.



Kuva 13. Etelä- ja Keski-Ruotsin tuulenvoimakkuus Gudrun-myrskyn aikana. (SMHI 05)

#### *Metsätuhot*

Gudrun-myrsky kaatoi erittäin paljon metsää. Tuhot olivat suurimmat Etelä-Ruotsissa, missä metsää tuhoutui liki vuoden hakkuiden verran eli  $75 \text{ Mm}^3$ .

#### *Eroosio*

Myrsky aiheutti eroosiota ja huuhtoi pois ranta-sedimenttejä Baltian maissa; Virossa, Latviassa ja Liettuassa. Eroosiovahingot olivat pahimmat Latviassa. (Haanpää et al.)

#### *Merenpinnan nousu*

Myrskyn aiheuttama merenpinnan nousu koetteli pahiten Viroa ja Suomea. Tuulennopeus Suomessa ei ollut mitenkään poikkeuksellisen voimakas. Meriveden pakkautuminen rannikolle sekoitti muun muassa Helsingin jätevedenpuhdistamon toiminnan ja 63 000 kuutiota jätevettä piti laskea käsittelemättömänä mereen. Loviisassa tulvaveden nousu uhkasi jo ydinvoimalan jäähdytysvesijärjestelmän toimintaa. (Haanpää et al.)

### *Kokonaisvahingot*

Taulukosta 4. käy ilmi, että pahiten kokonaisvahingoissa mitattuna myrskystä kärsi Ruotsi. Taulukossa ei ole mukana tietoja Isosta-Britanniasta tai Irlannista, joissa myrsky tuotti henkilövahinkoja. Myöskään Tanskan tietoja ei saatu mukaan. (Haanpää et al.)

Taulukko 4. Myrskyn aiheuttamat kokonaisvahingot. (Haanpää et al.)

Ruotsi [M€]	Tanska [M€]	Latvia [M€]	Liettua [M€]	Suomi [M€]	Puola [M€]
2 300	Ei tietoa	192	15	20	0,002

## **8.2 Vaikutukset Ruotsin sähkönjakeluun**

Myrskyn aiheuttamat haitat sähkönjakelulle olivat voimakkaasti yhteydessä sen aiheuttamiin metsätuhoihin. Suurin osa sähkökatkoista johtui linjoille kaatuneista puunrungoista ja oksista. Ruotsissa yli 660 000 ihmistä jäi vaille sähköä. Reilut 30 000 km sähkölinjaa vaurioitui. Yli puolet asiakkaista sai sähköt takaisin vuorokauden sisällä. Monet asiakkaista olivat silti päiviä, jopa viikkoja ilman sähköä. (SMHI 05), (Gudrun 05)

Ihmetystä aiheuttavaa myrskyn tuhoissa oli se, että rannikolla, jossa tuuli puhalsi sisämaata nopeammin, vahingot olivat suhteessa vähäisemmät. Tämän arvellaan johtuneen rannikon puuston sisämaan puustoa suuremmasta myrskyihin sopeutuneisuudesta, eli lähinnä vahvemmaksi kehittyneestä juuristosta. Kuusi oli kaikkein haavoittuvim ja myös eniten johdinvarioita aiheuttanut puulaji. Leudosta säästä seuranneen roudan puuttumisen sekä maaperän kosteuden arvellaan lisänneen kaatuneiden puiden määrää. (Gudrun 05)

Joillakin verkkoyhtiöillä ei ollut myrskyn jälkeisen vuorokauden aikana edes puhelinsaati tietoliikenneyhteyksiä, mikä vaikeutti raivaus- ja korjaustoimenpiteiden koordinoitua. (Gudrun 05)

Myrskyn haittoja vähensi lämmitystarvetta vähentänyt leuto sääjakso sekä myrskyn ajoittuminen pitkien pyhien jälkeiseen aikaan. Tästä johtuen elinkeinoelämä kärsi vähemmän. Myrskyn tuhoja oli raivaamassa iso joukko varusmiehiä, vapaaehtoisia ja verkkoyhtiöiden väkeä - myös 300 ulkomaista asentajaa. Aggregaatteja lainattiin myös ulkomailta. Ruotsalaiset varusmiehet autoivat ihmisiä esimerkiksi dieselaggregaattien polttoainetäydennyksessä, polttopuunhakkuussa sekä lämmityksessä. (Gudrun 05), (Nieminen et al.08)

Taulukossa 5. on esitetty toimittamatta jääneen sähkön määrä haastatelluissa ruotsalaisissa jakeluyhtiöissä. Huomataan, että toimittamatta jääneen sähkön määrä oli Ruotsissa suurin Sydkraft-yhtiön jakelualueilla – 82 GWh. Ruotsalaiset sähkönjakeluyhtiöt arvioivat toimittamatta jääneen sähkön hinnaksi noin 50 miljoonaa SEK eli noin 5 M€.

Taulukko 5. Toimittamatta jääneen sähkön määrä [kWh] haastatelluissa ruotsalaisissa jakeluyhtiöissä.  
(Gudrun 05)

Verkkoyhtiö	Toimittamatta jäänyt sähkö [kWh]
Vattenfall Eldistribution Mellan	2 690 000
Vattenfall Eldistribution Öst	4 400 000
Vattenfall Eldistribution Väst	14 763 000
Sydkraft	82 000 000
Fortum Distribution	4 390 000
GENAB (Göteborg)	Ei tietoja
KREAB Öst	2 000 000
KREAB Skåne	150 000
Härryda Energi	530 000
Ale Elförening	154 000
Jönköping Energi Nät	150 000
Vaggeryd Elverk	100.000
Rödeby Elverk	30 000
Habo Kraft	25 500
Värnamo Elnät	60 000
Alvesta Energi	Ei tietoja
Yhteensä	111 442 000

### 8.2.1 Kotitalousasiakas

Ruotsissa Smoolannissa sijaitseva 27 000 asukkaan Ljungby oli yksi pahiten Gudrun-myrskystä kärsineistä paikkakunnista. 30 km:n päässä Ljungbyn keskustasta asunut nainen joutui olemaan ilman sähköä 26 päivää ja ilman lankapuhelinta 60 päivää. Taulukossa 6. on lueteltu katkosta koituneet kustannukset. (Gudrun 2005)

Taulukko 6. Erään 26 päivää sähkökatkosta kärsineen vahingot ja lisäkustannukset. (Gudrun 2005)

Haitta	Haitan kustannus [SEK]
Vesipumpun hajoaminen	2 800
Traktorin virranjakajan hajoaminen	1 500
Aggregaatin hajoaminen	2 500
Dieselpolttoaine	10 000
Pilaantuneet pakasteet	2 000
Paristot, kynttilät, öljylamput, lamppuöljy	>5 000
Kasvaneet matkapuhelinkulut	2 500
Yhteensä	> 26 300

Haastatteluissa selvitettiin kotitalouksien kokemia haittoja sähkökatkon ajalta. Ikävintä lasten mielestä oli:

- Läksyjen tekeminen kynttilänvalossa
- TV:n katselu ei onnistunut
- Tietokonepelejä ei voinut pelata

Aikuisväestön mielestä ikävimmät seuraukset olivat:

- Ulos (pimeään) ei uskaltanut mennä
- Ruuanlaiton mahdottomuus
- Peseytymisen mahdottomuus
- Tiskaamisen ja pyykinpesun mahdottomuus
- Asumisen alkeellisuus
- Muun kuin sähkölämmityksen pumppu ei ole toiminut sähkön puutteessa



### 8.2.2 Vanhustenhoito

Etelä-Ruotsissa sijaitsevassa 32 000 asukkaan Värnamön kunnassa tutkittiin Gudrun-myrskyn vanhustenhoitoon aiheuttaneita ongelmia. (Gudrun 05)

Ongelmia olivat:

- Ei lämmintä vettä saatavilla
- Heikkokuntoisimmat vanhukset eivät voineet poistua sängystä (potilasnostimien akut riittivät vain kahteen nostoon)
- Koodi- ja hälytysjärjestelmät eivät toimineet joten dementikot harhailivat tiloissa (henkilökunnan piti vahtia kulkuteitä ja potilaiden loukkaantumisriski kasvoi)
- Ruokaa ei voitu lämmittää (ruoka tuli palveluntuottajalta)
- Vanhuksia ei voitu pestä
- Puhelin ei toiminut

## **9. VASTUU SÄHKÖKATKOON VARAUTUMISESTA**

Nyky-yhteiskunta on erittäin riippuvainen sähköstä. Sitä tarvitaan lämmitykseen, valaistukseen ja koneiden sekä laitteiden käyttöenergiaksi. Suomessa on varauduttu verrattain hyvin lyhyihin sähkökatkoihin (esim. UPS). Pitkiä katkoja ei ole koettu vähään aikaan ja ehkä juuri siksi niihin ei ole osattu tai viitsitty varautua laajalti.

Suomessa ei ole mitään virallista tahoa, joka toimittaisi kunnille suursähkökatkojen varalle suunnitelmaraamia, vaan suunnitelmat tehdään tapauskohtaisesti ja ne ovat vaihtelevan tasoisia. (Vainio 2008)

Vastuualueet on kuitenkin määritelty lainsäädäntöteitse. Ensisijainen vastuu sähkönjakelun keskeytymättömyydestä on sähköyhtiöillä. Pitkän sähkökatkon sattuessa sähköasiakkaalla on oikeus rahalliseen korvaukseen. Julkisyhteisöillä kuten kunnilla on lisäksi lainmukainen valmiusvastuu omassa toimipiirissään. Laki edellyttää, että julkisyhteisöillä on suunnitelma erilaisia poikkeustilanteita varten. Kuntatasolla suunnitelman valmisteleo yleensä kunnanjohtaja tai tekninen toimi. Viimekädessä vastuu asianmukaisesta kriisitilanteisiin valmistautumisesta on kunnanjohtajalla. (Vainio 2008)

### **9.1 Vakiokorvauskäytäntö**

Vuoden 2003 syyskuusta lähtien sähköasiakas on ollut oikeutettu saamaan vakiokorvausta, kun tämä on ollut sähköttä yhtäjaksoisesti vähintään 12 tuntia. Vakiokorvauksen suuruus riippuu verkkopalvelumaksusta ja keskeytyksen pituudesta. Maksettavan korvauksen enimmäismäärä on 700 €. Vakiokorvausjärjestelmää ei kuitenkaan ole suunniteltu kattamaan monen päivän saati viikon katkosta koituvaa haittaa.

Keskeytyksestä maksettavan korvauksen suuruus verkkopalvelumaksusta on:

10 %, kun keskeytyksen pituus on yli 12, mutta alle 24 tuntia

25 %, kun keskeytys on yli 24, mutta alle 72 tuntia

50 %, kun keskeytys on yli 72, mutta alle 120 tuntia

100 %, kun keskeytys on yli 120 tuntia

Keskeytyksestä maksettavaan korvaukseen on muutamia poikkeuksia. Korvausta ei makseta tai sen maksua rajoitetaan jos:

- keskeytys ei johdu sähköyhtiön verkosta, vaan kanta tai alueverkon viasta
- energiayhtiö ei pysty vaikuttamaan keskeytykseen -esimerkiksi viranomais määräyksen takia säännöstelytapauksissa
- korjaushenkilökunnan turvallisuus on vaarassa, ei korvausta aleta laskea kuin vasta sitten kun työt päästään turvallisesti aloittamaan. Tällaisia tapauksia ovat lähinnä suurmyrskyt, jolloin on vaara jäädä kaatuvien puiden alle tai ei ole turvallista lähteä esimerkiksi saaristossa veneellä korjaustöihin (Kymenl.07)

## 9.2 Haitan rahamääräinen arvostus Ruotsissa

Gudrun-raportissa esitettiin laskelma kotitalouksille sähkökatkosta syntyneistä vaikutuksista. Kulutuksen vähentymistä ja siten säästynyttä rahasummaa ei otettu huomioon. Tutkimuksessa kustannukset jaettiin kolmeen osaan, joista jokainen arvioitiin päivässä 50 SEK:n arvoiseksi. Yhteissumma kärsityistä osatekijöistä on siten 150 SEK eli nykyrahassa noin 20 € päivässä taloutta kohden. (Gudrun 05)

1. Suorat lisäkustannukset: paristot, kynttilät, valopetroli, pakasteiden pilaantuminen, varavoimakoneen hankinta = 50 SEK
2. Tunnin talouskohtainen lisätyö, sähköntuotto, vedenhaku yms. = 50 SEK
3. Henkinen kärsimys, elintason lasku ja perhe-elämän häiriintyminen. = 50 SEK

## 10. VARAVOIMA

Yleisimmin käytetty varavoiman tuottotapa on polttonesteellä toimivan aggregaatin käyttäminen. On olemassa sekä diesel - että bensiiniaggregaatteja. Näistä dieselaggregaatit ovat hieman arvokkaampia, mutta niillä on hieman parempi hyötysuhde. Toisaalta dieselaggregaatteja pidetään meluisina. Pienimmät aggregaatit ovat yleensä bensiinikäyttöisiä.

Aggregaatti tuottaa vaihtovirtaa – tarvittaessa kolmivaiheista voimavirtaa sekä tasasuuntaajalla varustettuna tasavirtaa. Pienemmissä ja halvimmassa aggregaateissa polttoaineensyöttö pitää säätää käsin kulutuksen mukaan, jotta jännitetaso pysyisi haluttuna. Hieman kalliimmissa malleissa syöttö on automatisoitu. Aggregaatin tuottama sähkö ei sinällään ole kovin laadukasta. Kun aggregaattiin kytketään taajuusmuuttuja, voidaan sähköä käyttää esimerkiksi kahvinkeiton ja valaistuksen lisäksi myös tietokoneiden voimanlähteenä. Aggregaatti kuluttaa polttoainetta noin 300 g/tuotettu kWh. Jatkuvaan lämmitykseen ja saunakäyttöön aggregaatti ei ole taloudellisesti järkevä.

Aggregaattia valittaessa sen koko olisi mitoitettava siten, että kokonaisteho on 20 % yli asennuskohteen huipputehon. Aggregaatin kiinteistöasennus on ammattilaisen työtä – jo vakuutusturvankin takia. Varavoimakohteissa laitteiden suojaksi olisi hyvä asentaa ylijännite ja alijännitesuojat. Vaatimuksia aggregaattiasennukselle ovat riittävät ylivirtasuojat, verkonvaihtokytkin yms. Verkonvaihtokytkimellä estetään sähkön kulku muuntajia kohti. Aggregaatin asennus voidaan tehdä esimerkiksi suoraan pääkeskuksen kiskostoon. Asennus tehdään usein siten, että vain kriittiset ryhmät sähköistetään aggregaatin voimin. Näitä ovat esimerkiksi öljypoltin, vesipumppu ja turvavalaistus. Olympialaisten aikaan tehdään paljon myös TV-liitäntöjä. (Puikko 2008)



Kuva 14. Pienikokoinen 5,5 hevosvoiman aggregaattilaite.

Aggregaattilaitteiden hinnat vaihtelevat saadun tehon, käytettävän polttoaineen sekä ominaisuuksien mukaan. Taulukossa 7. on esitetty joidenkin aggregaattien hintoja.

Taulukko 7. Aggregaattien hintoja

Aggregaatin teho	Hinta [€]
2 kW (benssiini)	299
5 kW (diesel)	799
30 kW (diesel)	alle 3 000

(Motonet/Koillis-Lapin Sähkö)

### 10.1 varavoiman saatavuus

Varavoimalaitteita on Suomessa sähköverkkoyhtiöillä, poliisilla, rajavartiolaitoksella, palokunnilla ja puolustusvoimilla. Varavoimakoneita on merkittävässä määrin myös karjatiloilta. Poliisin, palokuntien ja rajavartiolaitosten aggregaattit ovat yleensä pieniä tai ne on sidottu kiinteästi laitosten omiin tehtäviin.

Puolustusvoimilla ja sähköyhtiöillä on sen sijaan suurempia aggregaatteja, joita voidaan käyttää yksittäisten kohteitten lämmitykseen ja sähköistykseen. Kuitenkaan esimerkiksi pelastustoimi ei harjoittele aggregaattien kytkemistä tai käyttöä, vaan paikalle on saatava asiantuntevat asentajat tekemään tarvittavat kytkennät.

(Vainio 2008)

Aggregaatteja ei ole siinä määrin, että niitä riittäisi sato tuhansien omakotitalojen lämmitykseen. Pakkaskелеissä peruslämmön + 5 °C yläpuolella pysytään joitakin päiviä, muttei missään tapauksessa kahta viikkoa. Tällöin putkivahingot ovat väistämättömiä, ellei taloissa ole tulisijaa tai muuta vaihtoehtoista lämmitysjärjestelmää.

On myös huomattava, että keskuslämmityslämmitysjärjestelmät vaativat käynnistyäkseen sähkösytytyksen ja useimmat vielä toimiakseen sähköä.

Varavoiman käyttöä voivat suurhäiriötilanteessa haitata puutteelliset saatavuustiedot. Ei ole olemassa mitään yleistä valtakunnallista aggregaattirekisteriä, johon aggregaattien määrät ja koot olisi merkitty. (Vainio 2008)

## 10.2 Paloasemat

Oheiseen taulukkoon 8. on kerätty aggregaattitietoja joiltain Etelä-Savon paloasemilta. Huomataan, että paloasemat on suojattu melko hyvin lyhyiden ja pitkien sähkökatkojen varalle. Suuremmilla paikkakunnilla tekninen valmius on kuitenkin pieniä parempi. Paloautoissa on lisäksi kiinteät aggregaatit, joita voidaan käyttää hyvin tilapäisesti kriittisiin kohteisiin. Käyttöaika on tuolloin korkeintaan joitakin tunteja, koska autoja tarvitaan normaaleihin hälytystehtäviin. Autojen käyttö edellyttää myös, että kohdekiinteistö on rakentanut valmiin varavoimapistokkeen. (Kiesilä 2008)

Taulukko 8. Paloasemien varavoimalaitteet. (Paloasemat 2008)

Kunta	Asukasluku	Varavoima asemalla
Savonlinna	26 770	Kiinteä aggregaatti, UPS
Mikkeli	48 835	Kiinteä aggregaatti, UPS
Puumala	2 724	Voimavirtapistoke, UPS vanha
Rantasalmi	4 264	UPS

### 10.3 Armeija

Suomen Puolustusvoimilla on aggregaatteja melko suuri määrä. Puolustusvoimat ei luovuta tietoja aggregaattien määrästä ja ominaisuuksista strategisista syistä. Tämän tutkimuksen arvio varavoiman määrästä pohjautuu varuskuntien lukumäärään, suurkaluston lukumäärään, sodanajan miesvahvuuteen sekä keskusteluihin varusmiespalveluksen läpikäyneiden kanssa. Lukumäärä lienee maksimissaan 3 000 - 5 000 eli noin yksi varavoimakone reservikomppaniaa kohden. Kaikki varavoimakoneet eivät ole soveltuvia tai yleensä käytettävissä siviilikriisinhallintaan kokonsa, sijaintinsa tai kriittisen käyttökohteen vuoksi.

Kuvissa 15. ja 16. on esitetty puolustusvoimien aggregaattikalustoa. Kuvan 14. sähkövoimakoneen VL-12,5-K teho on 12,5 kW/10 kW. Laitteen käyttövoima on diesel ja generaattori nestejäähdytteinen. Laite painaa 850 kg ja laite on kiinteästi asennettava.



Kuva 15. Sähkövoimakone VL-12,5-K.(MIL 1)

Kuvan 16. generaattorin VVK 1,7:n polttoaineena toimii lyijytön bensiini 95E. Kyseinen aggregaatti on siirrettävä ja se soveltuu alle 1,7 kW:n laitteiden käyttövoimaksi. Laitteen polttoaineen kulutus on 1,0 - 1,5 l/h.



Kuva 16. Sähkövoimakone 1,7.(MIL 2)

”Puolustusvoimat tukee tarvittaessa yhteiskunnan toimintoja muiden viranomaisten pyynnöstä erikseen”. (Peltonen 2008)

Lisäksi Puolustusvoimilla on runsaasti miestyövoimaa eli varusmiehiä kriisitilanteisiin. Viimeksi heitä käytettiin Nokian vesikriisin yhteydessä marraskuusta 2007- helmikuulle 2008. Pyryn ja Janikan päivän myrskyjen yhteydessä puolustusvoimilta saatiin merkittävää kalustoapua. Puolustusvoimilta saatava varusmiesapu mahdollistaisi pitkän sähkökatkon yhteydessä omalta osaltaan aggregaattien käyttöä; erityisesti tankkauksen ja käytönvalvonnan osalta.

#### **10.4 Suur-Savon Sähkö Oy**

Suur-Savon Sähkö Oy on viiden maakunnan alueella toimiva energiayhtiö. Se vastaa energian hankinnasta, tuotannosta ja jakelusta Päijänteen itäpuolella Järvi-Suomen alueella. Sähköasiakkaita yhtiöllä on noin 94 700. Suurin osa yhtiön toimialueesta on verrattain harvaanasuttua. Kuvassa 17. on esitetty SSS Oy:n toimialue.

(Rautio J. 2008)





Kuva 17. SSS Oy:n toimialue. (Rautio J. 2008)

Taulukossa 9. on esitetty SSS Oy:n hallussa oleva aggregaattikalusto. Näistä suoraan muuntajien pienjännitenapoihin kytkettäviä ovat 530 kVA:n - 45 kVA:n aggregaatit. Suuri osa luetelluista aggregaateista tarvitaan laajan sähkökatkon aikana yhtiön omien toimintojen turvaamiseen. (Nieminen et al. 08)

Taulukko 9. SSS Oy:n aggregaatit. (Sihvonen 2008)

Valmistaja	Teho [kVA]	Määrä	Sijoituspaikka
Perkins	530	1	Joutsa/Kangasniemi/Lievestuore
Valmet	243	2	Mikkeli
Perkins	60	1	Savonlinna
Asea Deutz	45	3	J/K/L, Mikkeli, Savonlinna
Ei tiedossa	6	1	Toimialueella
Ei tiedossa	3	3	Toimialueella
Ei tiedossa	1,9	1	Toimialueella

Suurhäiriötilanteissa varavoiman kuljetuksiin, kytkentöihin, lämmittimien vienteihin tai henkilöiden evakuoimiseen ei riitä henkilöstöä. Yhtiössä on kuitenkin tehty muita toimenpiteitä varmuuden parantamiseksi. (Nieminen et al. 08)

#### *Tiedottaminen*

Häiriötilanteista tiedottamisessa yhtiö tekee yhteistyötä YLE:n kanssa.

#### *Yhteistyö*

Yhtiö on tiivistänyt toimintaansa Etelä-Savon Pelastuslaitoksen kanssa.

#### *Koulutus*

SSS Oy on valmentanut 70 kuluttaja-avustajaa linjapartiointiin ja tarvikkeiden kuljetuksiin suurhäiriötilanteiden varalle.

#### *Nopeat tavaratoimitukset*

Korjausmateriaalia on jakelualueella työhönottopisteissä siten, että korjaukset saadaan aloitettua heti. Erityisen pahan myrskyn jälkeen tarvitaan varmasti lisämateriaalia. Lisämateriaalin nopeasta toimituksesta on sovittu etukäteen tavarantoimittajan kanssa.

#### *Muut toimet*

Mikäli suurmyrskystä saadaan tieto etukäteen (sääennuste) yhtiö varaa myös ulkopuolista korjaushenkilöstöä, työkoneita ja tarkastushelikoptereita käyttöönsä.

### **10.5 Koillis-Lapin sähkö**

Koillis-Lapin Sähkö siirtää sähköä Kemijärven, Sallan, Pelkosenniemen ja Savukosken kuntien alueella. Toimialueen kunnat ovat samalla Koillis-Lapin Sähkön omistajia. Verkkoyhtiön toimialue on maantieteellisesti laaja (17 600 km<sup>2</sup>) asiakkaiden määrän ollessa vähäinen (15 900). Koillis-Lapin Sähkön toimialue onkin harvaan asuttua lappalaista maaseutua ja erityisesti alueen pohjoisosassa on asumaton erämaata.

Koillis-Lappi kuuluu Suomen lumivarmoihin alueisiin. Tykyn osalta tilanne ei kuitenkaan ole aivan niin paha kuin Keski-Lapissa. ”Tykkylumia on harvoin, mutta silloin kun niitä on, ne ovat varsinainen riesa. Edellinen oli 2 vuotta sitten ja se oli noin 100 - 150 km:n kaista Ruotsista Venäjälle. Pahin alue oli kahden puolin napapiiriä.” (Puikko 2008)

Koillis-Lapin sähkön aggregaattilaittevalmius on esitetty taulukossa 10. Yhtiön asiakasmäärään nähden sitä voitaneen pitää kohtuullisena. Tarvittaessa aggregaatteja saadaan myös ”toinen mokoma” lisää naapuriyhtiöstä; Rovakaira Oy:stä. (Puikko 2008), (Koillis-Lapin Sähkö)

Taulukko 10. Koillis-Lapin Sähkön aggregaatit (Puikko 2008)

1 000 kVA
(350 kVA)
250 kVA
170 kVA
50 kVA
3x10 kW (linkkiasemiin)
1x6 kW
1*3kW (valovirta)

## **11. KOKEMUKSIA PYRY- JA JANIKA-MYRSKYISTÄ**

Pyryn- ja Janikan päivän -myrskyt riivasivat Länsi-Suomea marraskuussa 2001. Niistä saatiin ainakin paikallisesti oppia myrskyihin varautumiseen.

(Sisäministeriö 02)

### **11.1 Pyryn päivän myrsky**

Pyryn päivän myrsky oli kahdesta myrskystä ensimmäinen ja se alkoi 1.11.2001. Länsi-Suomen sisämaan mittausasemilla 10 minuutin keskituulet olivat voimakkaimmillaan 14 - 18 m/s. Suurimmat lyhytaikaiset puuskat olivat paikoin yli 20 m/s. Tuulen suunta oli pohjois-luoteesta. Sisämaassa sattuneet suurimmat vahingot painottuivat Pohjanmaan maakuntiin.

Ennuste myrskystä saatiin Ilmatieteen laitokselta aamupäivällä. Sen johdosta sisäministeriön pelastusosasto kehotti Länsi-Suomen ja Etelä-Suomen lääninhallituksia kiinnittämään palokuntien huomiota valmiuden tehostamiseen.

Myöhemmin saatiin tietoja sähkökatkoksista sekä niiden mm. karjatiloiille aiheuttamista ongelmista. ”Palokuntia kehoitettiin lääninhallituksen välityksellä, edellä mainittujen lisäksi Itä-Suomen läänissä, selvittämään saatavilla olevat varavoimalähteet. Varavoimakoneiden kartoitus nopeutti avun toimittamista”.

(Sisäministeriö 02)

Myrskyjen yhteydessä varavoimalaitteita lainattiin kunnasta ja maakunnasta toiseen ja kierrätettiin ongelmakohteissa. Myös Puolustusvoimilta saatiin merkittävää kalustoapua. Järjestelyissä hyödynnettiin Sisäministeriön ja lääninhallitusten päivystysjärjestelmiä. Pohjanmaalla järjestettiin myrskyn jälkeen eri tahojen yhteinen palautetilaisuus. (Sisäministeriö 02)

### **11.2 Janikan päivän myrsky**

Janikan päivän myrsky alkoi 15.11.2001 ja kesti noin vuorokauden. Sisämaassa 10 minuutin keskituulet olivat enimmillään 14 - 18 m/s, järvi- ja järviasemilla jopa 16 - 22 m/s. Tuulen suunta oli jälleen pohjois-luoteesta. Myrskyvahingot painottuivat pääosin

Pirkanmaalle, Hämeeseen ja Itä-Hämeeseen sekä Uudellemaalle. Myrskyn seuraukset olivat tietyiltä osin Pyryn päivän myrskyä vakavammat.

(Sisäministeriö 02)

Myrskyyn liittyi tuulimittauksissa näkymätön matala suihkuvirtaus ("low level jet"). Matala suihkuvirtaus osui korkeiden mäkien lakialueille ja tuulenpuoleisten rinteiden yläosaan. Näillä paikoin tuulennopeus on ollut mahdollisesti 21 - 25 m/s. Koska puiden juurakot eivät olleet tottuneet pohjoisenpuoleiseen tuuleen, vahingot olivat erittäin suuret. (Sisäministeriö 02)

Sääennusteiden vuoksi tilanteeseen oli ehditty varautua. Sekä kunnille että yksityisille oli nyt hankittu generaattoreita. (Sisäministeriö 02)

## **12. VIESTIYHTEYDET**

### **12.1 Lankapuhelin**

Nykyinen lankapuhelinteknologia perustuu osin analogisuuteen ja digitaalisuuteen. Analoginen se on puhelimenkäyttäjältä puhelinkeskukseen asti. Puhelinkeskuksia on yleensä kunnassa vähintään yksi. Puhelinkeskuksessa on lyhyempiä sähkökatkoja varten akut sekä pidempien katkojen varalle generaattorivarmistus. Jos siis puhelinlinjat ovat ehjät, puhelin toimii sähkökatkonkin aikana normaalisti. Luultavasti myös puhelinlinjoja vaurioituu myrskyn seurauksena. Kaupunkiseudulla puhelinlinjat toteutetaan osittain maakaapelein, joten siellä lankapuhelimen toiminta on myrskyolosuhteissa luotettavampaa kuin maaseudulla, missä pääosa linjoista kulkee sähköpylväissä tai erillisissä puhelinpylväissä.

Lankaliittymiä on suljettu matkapuhelimien yleistyessä. Myös puhelinyhtiöt ovat kannustaneet asiakkaitaan luopumaan lankaliittymistään erityisesti syrjäseuduilla, missä linjojen ja pylvaiden uusiminen tulee niille kalliiksi. Vuonna 2007 enää 41 % talouksista oli lankapuhelin. (Tilastokeskus)

### **12.2 Matkapuhelin**

Kun ihminen soittaa tai lähettää viestin matkapuhelimellaan, muuntuu sanoma ensin digitaaliseen muotoon ja siirtyy sitten langattomasti radiotaajuuksia pitkin voimakkaimpaan - yleensä lähimpään tukiasemaan. Tukiasemissa on yleensä akkusuojaus, mutta sen kesto ei ole kovin pitkä joten tukiasemat ja siten koko verkko on altis käyttökatkoille. Osassa tukiasemista on myös todettu akkujen toimimattomuutta. Liikenne- ja viestintäministeriö edellyttää, että varavoimaa on oltava ainakin kolmeksi tunniksi ja taajamien ulkopuolella kuudeksi tunniksi. (Talouselämä 08)

Pyryn ja Janikan päivän myrskyjen yhteydessä matkapuhelinverkossa esiintyi laajalti ongelmia. (Sisäministeriö 02)

### **12.3 Viranomaisradioverkko**

Viranomaisille elintärkeisiin viestitoimintoihin on kehitetty VIRVE -verkko eli viranomais- radioverkko. VIRVE -verkkoa alettiin suunnitella 1990-luvulla korvaamaan aiemmat analogiset verkot ja vuonna 1998 aloitettiin verkon rakentaminen. Verkkoa kehittää ja operoi Suomen Erillisverkot Oy.

#### **12.3.1 Käyttäjät**

VIRVE:ä käyttävät ns. turvallisuusviranomaiset eli pelastustoimi, poliisi, puolustusvoimat, sosiaali- ja terveystoimi, rajavartiolaitos ja tulli sekä presidentti ja eduskunta. VIRVE:n väliaikainen käyttöoikeus voidaan myöntää tarvittaessa muullekin taholle. Monet sähköyhtiöt ovat hankkineet VIRVE -kalustoa ainakin valvomoihinsa. Myös jotkin vesiyhtiöt ovat hankkineet laitteita. (Erillisverkot 1)

#### **12.3.2 Tekniikka**

Järjestelmä käyttää taajuutta 380 - 400 MHz, joka on GSM:ää alempi. Tukiasemien teho on ainoastaan 25 W ja ne sijaitsevat normaalien puhelintukiasemien yhteydessä. Kaikissa tukiasemissa on vähintään kolmen tunnin akusto, useassa kuusi tuntia tai enemmän. Valvomo saa hälytyksen toimimattomista tukiasemista.

Kaikki verkkoelementit ovat sähkövarmistettuja. Keskeiset elementit ja tukiasemat ovat kiinteän- tai siirrettävän varavoiman varassa, taaten ajoneuvopeiton palvelun verkossa. Varavoima takaa samalla myös kaupallisten verkkojen toiminnan.

(Erillisverkot 1)

VIRVE hyödyntää ostotoiminnassa "vihreätä" sähköä eli tuuli/aurinko/vesivoimalla tuotettua sähköä. Mainitun lisäksi ollaan käynnistämässä verkon osien sähköenergian säästöohjelman ympäristöarvojen vuoksi sekä varakäyntiaikojen pidentämiseksi.

(Erillisverkot 2)

### 13. OMAISUUDEN TURVAAMINEN

Suomalaisilla on vaihtelevasti kiinteää ja irtainta omaisuutta. Sähkökatkon seurauksena omaisuus on valaistuksen ja palo- ja rikosilmoitinjärjestelmien hiivuttua alttiina varkaille, tulipaloille ja lämmityksen sekä ilmastoinnin puuttuessa myös sään vaihtelulle ja pakkasille. Taulukossa 11. on esitetty Suomen rakennuskanta.

Taulukko 11. Suomen rakennuskanta.

Käyttötarkoitus	Rakennukset (lkm)	Osuus kaikista rakennuksista (%)
Rakennukset yhteensä	1 392 531	100
Asuinrakennuksia yhteensä	1 193 846	85,7
Erilliset pientalot	1 065 442	76,5
Rivi- ja ketjutilat	73 299	5,3
Asuinkerrostalot	55 105	4,0
Muita rakennuksia yhteensä	198 685	14,3
Liikerakennukset	38 772	2,8
Toimistorakennukset	10 695	0,8
Liikenteen rakennukset	51 863	3,7
Hoitoalan rakennukset	7 654	0,5
Kokoontumisrakennukset	13 351	1,0
Opetusrakennukset	8 968	0,6
Teollisuusrakennukset	38 498	2,8
Varastorakennukset	23 452	1,7
Muut rakennukset	5 432	0,4
<sup>1</sup> Vapaa-ajan asuinrakennukset ja maatalousrakennukset eivät pääsääntöisesti sisälly rakennuskantatilastoon		

(Rakennuskantatilasto 06)

#### 13.1 Irtain omaisuus

Suomalaisissa kodeissa on perinteisesti ollut suhteellisen vähän varsinaista perinteistä arvotavaraa kuten antiikkia, maalauksia ja koruja. Kodin arvokkaimmat esineet on yleensä tätä nykyä viihde-elektroniikka ja korut sekä suurehkot esineet kuten huonekalut ja taulut.



Nykyaikainen elektroniikka ei siedä kovin hyvin suuria lämpötilan- ja kosteudenvaihteluja. Esimerkiksi taulutelevision käyttöarvo liikkuu edelleen 900 € tietämissä. Kodeissa ovat edelleen yleistyneet tallentavat digisovittimet, jotka eivät myöskään ole erityisen halpoja. Kannettavat tietokoneet ovat myös kokoonsa nähden suuren arvonsa takia houkuttelevia kohteita varkaille.

Käyttöhuonekalut sietävät hyvin eri lämpötiloja. Alttiimpia ovat harvinaisemmat antiikkihuonekalut, joissa esimerkiksi pinnan lohkeilu ja kosteusvauriot ovat merkittävä arvoa alentava tekijä.

Tunnearvoltaan arvokkaimpia esineitä ovat varmasti vanhat valokuvat. Niiden arvoa on vaikea mitata rahassa. Valokuvat ovat arkoja lähinnä äärimmäiselle kosteudelle. Pakkanen ei niihin juuri vaikuta.

### **13.2 Putkivahingot ja vakuutukset**

Vakuutusyhtiöiden maksama korvaus putkivahingoista on keskimäärin noin 3 200 €. Vuosittain vuotovahinkoja korvataan noin 100 M€:lla. Kotivakuutuksissa on yleensä mukana turva vuotovahinkojen varalta - ainakin laajoissa kotivakuutuksissa. Tällöin korvataan äkillinen ja ennalta -arvaamaton vahinko, jota normaalilla huolellisuudella ja ennakoinnilla ei ole voinut välttää. (Pekurinen 2008)

Pitkään jatkuva sähkökatko on vakuutuksenottajalle iso haaste ja voikin käydä, että putket jäätyvät ja alkavat sulettuaan vuotaa Vakuutuksenottajaa sitoo kuitenkin vakuutussopimuksen kohta, missä edellytetään, että vakuutuksenottaja pyrkii ennalta estämään vahingon syntymisen tai vahingon satuttua tekee voitavansa rajoittaakseen vahinkoa ja estääkseen lisävahingon syntymisen. Näitä asioita muun muassa tarkastellaan vahinkotarkastuksen ja korvausprosessin aikana. Kohtuuttomia ponnistuksia ei vaadita ja lisäksi vahingon rajoittamiskulut yleensä sisältyvät vakuutukseen. (Pekurinen 2008)

Toisaalta vakuutuksenottajan edellytetään pitävän vakuutetun kohteen kunnossa. Se mitä tämä tarkoittaa kahden viikon sähkökatkon sattuessa; on vaikeammin tulkittava asia. Suomeen ollaan luomassa hälytysjärjestelmiä yms. voimakkaita luonnonilmiöitä varten, jolloin kansalaisten varautuminen myös tuleviin sähkökatkoihin paranee. (Pekurinen 2008)

Vakuutusten korvauspiirissä on yhtiökohtaisia eroja, mutta yleisesti ottaen laajat kotivakuutukset korvaavat sähkökatkoista aiheutuneet seurannaisvahingot, putkien jäätymiset, laitteiden rikkoutumiset, pakasteiden sulamiset jne. (Ojala 2008)

### **13.3 Lemmikit**

Lemmikit ovat tunnearvoltaan ja usein myös aidossa rahassa arvokkaita. Useat lemmikkieläinryhmät, kuten kalat ja matelijat tarvitsevat sähköä akvaarioihinsa ja terraarioihinsa. Pitkien sähkökatkojen yhteydessä kaikkien eläinten sijoituksessa voi tulla ongelmia.

#### *Koirat*

Suomalaisten yleisimpiä lemmikkejä ovat koirat ja kissat. Esimerkiksi koiria on Suomessa noin 600 000, joista rotukoiria 450 000. Tavallisen kotikoiran arvo on noin 500-1 000 €. Jos koiralle on tehty terveystutkimus ja se on esimerkiksi metsästyskokeissa käytetty palkittu koira, sen arvo voi olla jopa 5 000-6 000 €. Koirien osalta laaditaan parhaillaan valmiussuunnitelmaa. Nykyinen ohjeistus on laadittu tulipalon varalta. Sen mukaan koira tulisi sijoittaa esimerkiksi koirahoitolaan. (Unhola 2008)

#### *Kissat*

Kissoja Suomessa voisi arvioida olevan 600 000-2 000 000. Pelkästään Helsingissä arvioidaan olevan noin 20 000 kissaa. Kissat ovat ostohinnaltaan 500 €:sta ylöspäin. (Kähö 2008)

## **14. HUOLTO JA MAATALOUS**

### **14.1 Ruokahuolto**

Maailmalla saatujen kokemusten mukaan ruuan viranomaisjakelu on hidasta, johtaa pitkiin jonoihin ja on altis väärinkäytöksille sekä hamstraukselle. Järkevintä lienee pyrkiä säilyttämään nykyinen elintarvikeketju. Tilanteessa, varavoimaa on niukalti, kannattaa lähikauppojen toiminta ensisijaisesti turvata. Näin ollen autottomien ja liikuntarajoitteisten arki pysyy mahdollisimman jouhevana, eikä laajaan kotijakeluun tarvitse ryhtyä.

Suomessa oli vuoden 2007 lopulla vajaat 3 400 ruokakauppaa. Kauppaa hallitsee kaksi suurta keskittymää; K-ryhmä 33,9 %:n ja S-ryhmä 41 %:n osuudella. Yli 5 000 asukkaan kunnissa onkin keskustassa yleensä vähintään kaksi kilpailevien ketjujen suurehkoa elintarvikemyymälää. (HS 08)

Myymälöissä on paljon energiaa vievää avopakastetilaa. Pitkän sähkökatkon yhteydessä toisen myymälän aukiolo voitaisiin turvata yhteisin resurssein varavoimalla; esimerkiksi niin, että myymälä A pidettäisiin auki parittomina vuosina ja myymälä B parillisina.

### **14.2 Vanhustenhuolto**

Pyryn- ja Janikan – päivän myrskyistä saatiin kokemusta sähkökatkonalaisesta toiminnasta vanhainkodeissa. Sosiaalihuollon valmiussuunnitelmissa on yleensä varauduttu tilapäisjärjestelyihin. Nyt niihin jouduttiin turvautumaan. Joitain kotona asuvia vanhuksia sijoitettiin sairaaloiden vuodeosastoille ja vanhainkoteihin, osan sukulaiset majoittivat tilapäisesti luokseen. (Sisäministeriö 2002)

Vanhusten laitoshuollossa on jonkin verran kokemuksia armeijan varavoimakoneiden käytöstä palvelutalojen ylläpidossa. Vanhustentalot luetaan poikkeustilanteissa ns. primäärikohteiksi. Sähkökatkotilanteessa ongelmat ilmenevät lämmityksen lisäksi sähkölukkojen toiminnan puutteena -lukot avautuvat ja

dementiaa sairastavia pitää suorastaan vahtia karkaamasta. Ongelmia on myös keskuskeittiölähtöisen ruuan lämpimänä pidossa, hoitolaitoksen omassa ruuanvalmistuksessa sekä sähkönostimien ja muiden apuvälineiden toiminnassa. (Gudrun 05)

Lämmintä vettä ei todennäköisesti ole saatavilla joten vanhusten pesu ei onnistu. Myöskään vessat eivät toimi. Huomionarvoisaa on myös laajojen palohälytinjaestelmien toimimattomuus pitkän sähkökatkon aikana, mikä on turvallisuusriski. (Gudrun 05)

### **14.3 Maatalous**

Janikan- ja Pyrynpäivän myrskyissä kävi ilmi seuraavaa. Myrskyt aiheuttivat monille Keski-Suomen, Satakunnan, Hämeen ja Pirkanmaan kotieläintiloille vaikeita tilanteita. Osa joutui olemaan ilman sähköä jopa toista viikkoa. Monilla sikatiloilla ilmastonin pysähtyminen nosti lämpötilan ja lantakaasupitoisuuden eläinten kannalta vaarallisen korkeaksi. Lypsykarjatiljoilla lehmien lypsäminen ja maidon jäähditys tuotti suuria vaikeuksia. Kaikilla kotieläintiloilla eläinten ruokinta ja juomaveden jakelu vaikeutui pahasti. (Sisäministeriö 2002)

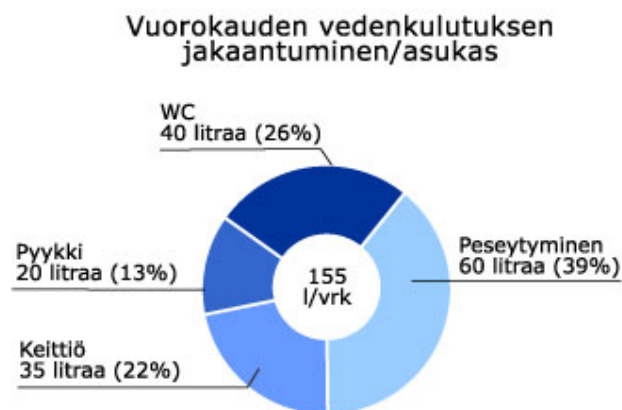
Maatiloilla on nykyisin melko runsaasti aggregaatteja. Maatilojen aggregaatit ovat yleensä traktorivetoisia useamman kymmenen kW:n koneita. Vuonna 2007 18 - 65-vuotiaat maatalouden harjoittajat olivat oikeutettuja toiminnan jatkuvuuden takaavien varavoimallaitteiden osalta hankinta- ja asennustukeen. Avustuksen osuus osto - ja asennuskuluista on nuorilla tuottajilla 60 % ja muilla 50 %. Avustuksen alaraja oli 840 €. (TE -keskus)

Maatalouden etujärjestö MTK suhtautuu varauksella aggregaattien hankintaan, koska aggregaattien hankinta antaa verkkoyhtiöille mahdollisuuden ajatella, että verkon kuntoon ei tarvitse erityisesti panostaa: ”Valtio on avustanut aggregaatin hankinnassa, mutta nyt MMM:n byrokratian takia ei voida myöntää minkäänlaisia maatalouden investointiavustuksia. Systemin pitäisi aueta maaliskuussa, mutta niin on pitänyt jo monta kuukautta. Avustusprosentit vaihtelevat välillä 20 % - 60 %: hakijan taustan mukaan: nuoret, osin edullista lainaa jne”. (Mattila 2008)

TE -keskuksen vastaus: ”Maksatuksessa ei sinänsä ole ollut ongelmaa. Maksatuksia tehdään lyhyen ajan kuluessa myöntävän päätöksen saannista. Ongelmana on lähinnä ollut rahojen riittävyys. Niinpä vuoden 2007 heinäkuun 5. jälkeen on ollut voimassa hakukielto eli uusia aggregaatinhankintaan tähtäviä avustushakemuksia ei ole voinut jättää sisään. Jos esimerkiksi loppuvuodesta 2007 on halunnut hankkia kyseisen laitteen, se on pitänyt ostaa omaan piikkiin. On lisäksi mahdollista, että aggregaattien ja vastaavien laitteiden hankintaan ei tulevaisuudessa myönnetä enää lainkaan tukea”. (En 2008)

#### 14.4 Vesihuolto

Puhdas vesi on elämän peruselementti. Suomalainen kuluttaa vettä keskimäärin 155 l eli 0,155 m<sup>3</sup> vuorokaudessa. Suomalaisessa kodissa vettä tarvitaan ensisijaisesti peseytymiseen, ruuanlaittoon ja juomavedeksi sekä pyykinpesuun. Kuvassa 18. on esitetty puhtaan veden vuorokautisen tarpeen jakautuminen eri käyttökohteisiin. Suhteellisesti eniten vettä kuluu peseytymiseen; noin 60 l. Vedenkulutus on laskenut 1980-luvun huippulukemista kylpyammeiden vähenemisen ja vesikalusteiden tuotekehityksen myötä. (Motiva)



Kuva 18. Vuorokauden vedentarpeen jakautuminen/asukas (Motiva)

Vesihuollossa energiaa tarvitaan veden pumppaamiseen vesilähteestä, veden puhdistukseen ja veden jakeluun sekä vastaavasti jäteveden puhdistukseen ja pumppaukseen. Laki ei tällä hetkellä edellytä varavoimalähteiden olemassaoloa. Vesihuolto on siten hyvin haavoittuvainen sähkökatkon sattuessa.

Suomessa puhtaan veden jakelu on järjestetty melko yleisesti vesitornien avulla. Veden pumppaaminen ylös vesitorniin vie vähemmän energiaa kuin jatkuvan putkistopaineen ylläpito vesipumpuin. Vesitornin toiminta perustuu siihen, että se sijaitsee asutusta korkeammalla. Vesitorni ja siitä lähtevät vesiputket muodostavat tavallaan yhteisen altaan, jossa vallitsee yhtenäinen paine. Paine on yleensä 3-10 kertaa ilmakehän paine eli 3-10 baaria. Jos paine on liian alhainen, vettä ei riitä kerrostalojen ylimpiin kerroksiin ja putkistoihin saattaa muodostua ruostetta. Pitkään vajaapaineessa olleeseen vesiputkeen saattaa imeytyä ympäristöstä likaista vettä, bakteereja ja kemikaaleja. Ylipaine puolestaan rikkoo putkistoja. (Motiva)

Vesitorni toimii myös varmuusvarastona. Vesitornin koko on yleensä mitoitettu siten, että puhdasta vettä riittää ainakin päiväksi pariksi. Suurimmissa vesitorneissa saattaa olla 10 000 m<sup>3</sup> puhdasta vettä. Pienissä kunnissa vesitornin kapasiteetti on yleensä alle 1 000 m<sup>3</sup>. Ongelmaksi muodostuu jätevesi kun pumppaus käsittelylaitokselle ei onnistu. Todennäköistä olisikin, että puhtaan veden putkistojakelu jouduttaisiin keskeyttämään kun viemärit eivät vetäisi tai puhdistamon sakeutusallas täyttyisi.

Vesijohtoverkossa olevat venttiilit mahdollistavat vedenjakelun rajoittamisen tiettyihin kohteisiin. Näitä ovat yleensä terveydenhoitoon liittyvät rakennukset.

#### **14.4.1 Vesihuolto Joroisilla**

Joroinen on noin 5 500 asukkaan kunta Etelä-Savossa. Joroisilla vesihuolto on järjestetty itsenäisesti vedenotosta jätevedenpuhdistukseen. Koko kunnan alueelle on järjestetty maaseutumaiselle kunnalle poikkeuksellinen vesijohtojakelu. Vesijohtojärjestelmä on tornijohtoinen ja vesitornin kapasiteetti on 450 m<sup>3</sup>. Vuorokauden vedentarve on noin 800 m<sup>3</sup> eli vesitorni pitää täyttää noin kaksi kertaa vuorokaudessa. Vesilaitos on varautunut huoltotöihin aggregaatein, mutta pitkä sähkökatko aiheuttaa muutoksia vedenjakeluun.

Joroisten kunta on laatinut vesihuollon valmiussuunnitelman poikkeustilanteiden kuten sähkökatkon varalle. Suunnitelman mukaan terveyskeskuksen ja

vanhustenhoitokompleksin vedenjakelu on tärkeysjärjestyksessä ensimmäisenä. Näille pumpataan puhdasta vettä myös sähkökatkon aikana. (Piik 2008)

#### **14.4.2 Vesihuolto Kerimäellä**

Kerimäki on 5 700 asukkaan kunta Etelä-Savossa. Kerimäen vesi - ja viemärlaitoksen piirissä on noin 3 100 asukasta. Kerimäen vesihuolto on järjestetty yhteydessä Savonlinnan kanssa, niin että lopullinen jätevedenpuhdistus tapahtuu nykyisin Savonlinnassa. Vedenotto tapahtuu puolestaan Louheelta. Kerimäen vesijohtojärjestelmä on vesitornijohtoinen. Tornin kapasiteetti on 600 m<sup>3</sup>. Tornin kapasiteetti riittää noin puolentoista vuorokauden tarpeeseen. Tornin paine riittää hyvin kirkonkylän alueella, mutta kauemmaksi vesi kulkee paineenkorotuslaitoksen kautta. (Hirvonen 2008)

Vesilaitos on varautunut aggregaatilla huoltotöihin, mutta pitkä sähkökatko aiheuttaa muutoksia vedenjakeluun. Nopeimmin vedenjakelu lakkaa paineenkorotuspumpun vaikutusalueella. (Hirvonen 2008)

Ote Kerimäen vesihuoltolaitoksen yleisistä toimitusehdoista:

”Laitos ei vastaa niistä haitoista, vahingoista tai edunmenetyksistä, jotka aiheutuvat asiakkaalle sellaisista toimituksen keskeytyksistä ja rajoituksista, jotka eivät johdu vesihuollon virheestä. Laitos ei vastaa niistä veden laadun ja paineen vaihteluista tai viemäriveden vastaanoton keskeytyksistä tai rajoituksista aiheutuvista haitoista, vahingoista tai edunmenetyksistä, jotka eivät johdu vesihuollon virheestä”. (Kerimäki 02)

#### **14.4.3 Vesihuolto Puumalassa**

Noin 2 700 asukkaan Puumala on kunta Etelä-Savon etelälaidalla. Puumalassa vesipalveluista vastaa Puumalan Vesiosuuskunta. Puumalassa ei ole vesitornia, vaan vesipumput paineistavat vesijohtoverkoston. Vesiketju on alusta loppuun vesiosuuskunnan hallussa ja vesijohtoyhteyksiä muihin kuntiin ei ole. Putkiston normaalipaine on 5 bar ja rajapaine toiminnalle on 1,5 bar. Sähkökatkon alettua

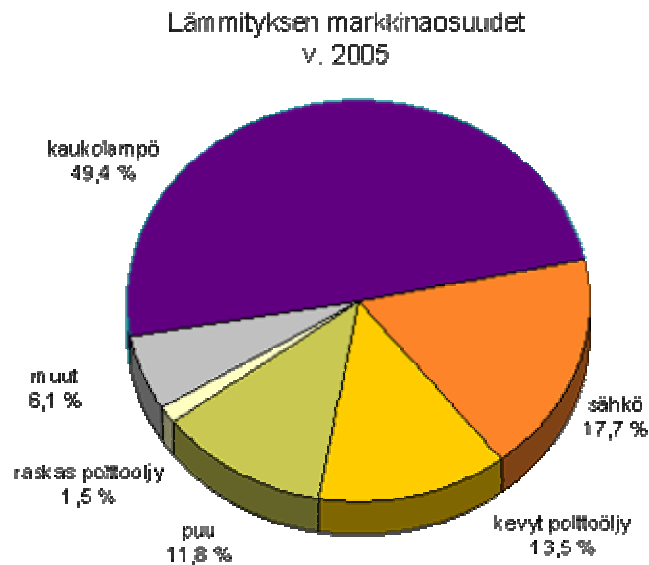
paine pysyy riittävänä noin 5 minuutin ajan. Poikkeustilanteiden, kuten sähkökatkon varalle on laadittu valmiussuunnitelma, jonka mukaan poikkeustilanteessa toimitaan.

Sähkökatkotilanteessa vedenjakelua rajoitetaan siten, että etusijalla on vanhustenhuoltokompleksi. Huoltokatkoksien varalta käytössä on aggregaatti, mutta varsinaista aggregaattivalmiutta ei ole. Jätevesialtaan koko 105 m<sup>3</sup>, asettaa rajat sille kuinka kauan osittaistakaan vedenjakelua voidaan jatkaa. (Torvinen 2008)



## 15. LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT

Yleisimmät rakennusten lämmitystavat ovat kaukolämpö, suora sähkölämmitys, öljylämmitys sekä puulämmitys. Kuvassa 19. on esitetty eri lämmitysmuotojen markkinaosuudet. Huomataan, että kaukolämpö on hallitsevin lämmitystapa.



Kuva 19. Lämmitysmuotojen markkinaosuudet 2005. (Energiateollisuus 08)

Puun pienpolttoa lukuun ottamatta kaikki nykyiset lämmitysmenetelmät vaativat toimiakseen sähkövirtaa. Sähkövirtaa tarvitaan esimerkiksi öljypolttimen sytytykseen, polttoprosessin säätelyyn, polttoaineen syöttöön sekä kiertovesipumpun toimintaan. Kiertovesipumpun avulla lämpö puolestaan saadaan leviämään kaikkialle rakennukseen.

Jopa kaukolämpö on sähköstä riippuvainen - erityisesti kiertovesipumppujen osalta. Vaikka kaukolämpökeskus saataisiin toimimaan varavoiman avulla, ei tästä ole hyötyä koska lämpöä ei saada käyttökohteissa hyödynnettyä. Toisaalta prosessi on keskeytettävä tietyn ajan kuluttua tällaisissa tilanteissa jo kaukolämpöputkiston lämpöliikkeidenkin takia. Kaukolämpövesi ei siis saa jäähtyä liikaa jotta putkiin ei kohdistuisi liikaa rasitusta. Kaukolämpökeskuksissa on varauduttu varavoimalla ja akuin sähkökatkoihin lähinnä kattilan jäähdyttämisen ja turvallisen polttoprosessin alasajon turvaamiseksi. (Venäläinen 2008)

## 16. KUNTIEN VARAUTUNEISUUS JA VALMIUSSUUNNITELMAT

Etelä-Savossa on muutama keskikokoinen kaupunki: Mikkeli, Savonlinna ja Pieksämäki. Muuten maakunta koostuu pienistä, verrattain harvaanasutuista maaseutumaisista kunnista, joiden väkiluvut kasvavat kesäkuukausien aikana kesäasukkaiden saapuessa.

Diplomityöhön kuuluneen sähköposti- ja puhelinkyselykierroksen perusteella valmistuneisuuden taso ei korreloi kunnan koon kanssa. Taulukkoon kerättiin tietoja siitä, onko kussakin kunnassa valmiussuunnitelmaa, aggregaattiluettelo tai terveyskeskuksessa varavoimalaitetta. Tilanne päivittyi ja tulee päivittymään jatkuvasti, mutta haastatteluhetkellä tammi-helmikuussa 2008 tilanne oli taulukon 12. mukainen.

Taulukko 12. Eräiden Etelä-Savon kuntien sekä Suomenniemen varautuneisuus. (Kunnat 2008)

Kunta	Asukasluku	Valmiussuunnitelma	Aggregaattiluettelo	Terveyskeskus-varavoimalaite
Joroinen	5 496	Kyllä	Ei	Aggregaatti
Juva	7 324	Ei	Ei	Aggregaatti
Kerimäki	5 789	Kyllä	Ei	Aggregaatti
Mikkeli	48 682	Kyllä	E	Aggregaatti
Mäntyharju	7 000	Kyllä	Ei	Akku
Puumala	2 724	Kyllä	Ei	Ei (vain lääkärivastaanotto)
Rantasalmi	4 264	Kyllä	Ei	Aggregaatti
Savonlinna	26 770	Kyllä	Ei	Ei
Suomenniemi	814	Kyllä	Ei	Ei (vain lääkärivastaanotto)

Kuten edeltä kävi ilmi, kuntien varautuneisuus pitkään sähkökatkoon vaihtelee. Osassa kunnista on valmiussuunnitelma, osassa ei. Työn edetessä tehdyissä kunnanjohtajien, teknisten johtajien ja teknisen henkilöstön haastatteluissa huomattiin, että parhaiten kunnissa on yleensä varauduttu vesihuollon ongelmiin. Muilta osin suunnitelmat ovat monesti vanhentuneita tai päivitysvaiheessa. Melko yleinen vastaus olikin, että suunnitelmat ovat 90-luvulta ja mapissa. Toisaalta useassa kunnassa suunnitelmia päivitettiin parhaillaan.

Osassa kunnista - esimerkiksi Rantasalmella, Joroisissa ja Juvalla tehdään yhteistyötä teknisen toimen alalla. Sama tekninen henkilö kiertää usean kunnan alueella tai loman aikana tehtäviä suorittaa naapurikunnan työntekijä. Tämä ei kuitenkaan takaa, että kaikissa yhteistyökunnissa olisi valmiussuunnitelma. Joissakin tapauksissa tämä voi johtua siitä, että valmiussuunnitelma on laadittu ennen teknisen toimen yhteistyön aloittamista. Seuraavan suunnitelmienpäivityksen kohdalla olisikin hyödyllistä laatia kunnille yhteinen suunnitelma, jossa kuntien vähäiset resurssit ovat tehokkaassa yhteiskäytössä.

### **16.1 Valmiussuunnitelmien julkisuus**

2000-luvun terrori-iskut ovat vaikuttaneet viranomaistoimintoihin myös Suomessa. Tämä ilmenee haluttomuutena antaa suunnitelmista kovin yksityiskohtaista tietoa. Siitä kuinka alttiina terrori-iskuille ollaan voi tietysti olla montaa mieltä. Yhteiskunnalle voi varmasti tuottaa haittaa vaivattomamminkin kuin valmiussuunnitelmien tutkimisen kautta. Näkemykseni on, että tietojen julkaisemisesta olisi enemmän hyötyä kuin haittaa. Näin suunnitelmia voitaisiin vertailla kriittisesti ja toisen kunnan paremmasta kriisivalmiudesta voitaisiin ottaa opiksi. Samalla voitaisiin sopia tiettyjen resurssien kuten varavoiman ja henkilöstön järkevästä yhteiskäytöstä.

## 16.2 Puumalan valmiussuunnitelma

Puumala on pieni 2 700 asukkaan kunta Etelä-Savossa. Kunnalla on tuore valmiussuunnitelma, joka on olemassa myös sähköisessä muodossa. Suunnitelma on seitsemän sivun mittainen. Suunnitelma on yleinen kaikkiin siviilikriisitilanteisiin sovellettava kokonaisuus. Valmiussuunnitelman yksityiskohtia ei päästetä julkisuuteen, mutta sen pääkohdat ovat seuraavat. (Kitunen 2008)

Poikkeusolojen kokonaistoiminnan päämäärä ja toiminta-ajatus

Varautumisen perusteet

Puumalan kunnan valmiusorganisaatio ja sen tehtävät

Yhteistyöviranomaiset ja – tahot

Teollisuus ja liike-elämä

Kunnan valmiusorganisaation varaukset

Kunnan valmiusorganisaation perustaminen

Rakenteellinen suojelu

Omatoiminen varautuminen

Hälytys- ja viestijärjestelyt

Tietojärjestelmät

Tiedottaminen

Evakuointi

Koulutus

Kriisibudjetti

Suunnitelman hyväksyminen ja ylläpito

*Liitteet:*

Varautumisen lainsäädäntö

Väestönsuojeluorganisaatio (Pelastuslaitoksen tekemä)

Kansanhuoltosuunnitelma

Sosiaalitoimen valmiussuunnitelma

Evakuointisuunnitelma (Pelastuslaitoksen tekemä)

Käytännössä vastuu kriisitilanteissa jakaantuu useammalle organisaatiolle. Kunnassa on kriisitilanteiden varalle johtoryhmä, johon kuuluu kunnanjohtaja sekä muita

henkilöitä. Puumalassa kaikki henkilöt työskentelevät samassa rakennuksessa joten henkilöjen kokoon kutsuminen ei tuota ongelmia. (Kitunen 2008)

*Suunnitelmien toteuttamista koordinoi johtoryhmä, jonka muodostavat:*

Kunnanjohtaja

Palvelujohtaja

Tekninen johtaja

Kansanhuoltopäällikkö

Vuoromestari

Vuoropäällikkö

Kuljetuspäällikkö

Tiedottaja

Toimistohenkilökunta

### **16.3 Rantasalmen valmiussuunnitelma**

Rantasalmen kunnan sähköhuolto perustuu pitkälti siihen, miten alueen verkkoyhtiön Suur-Savon Sähkö Oy:n varautumissuunnitelma toimii. Kunnalla on kaksi varavoimakonetta, joilla pystytään huolehtimaan muun muassa veden jakelu. Vuonna 2008 on hankittu Juvan kunnan kanssa kaksi tehokasta varavoimakonetta lisää.

Suunnitelmassa on laitettu tärkeysjärjestykseen eri kunnalliset palvelut ja rakennukset. Tärkeiksi kohteiksi on luokiteltu terveyskeskus, vanhainkoti, marketti ja kaukolämpökeskus. Vähemmän tärkeitä ovat museot, kirjasto ja liikuntapaikat.

Kunnan suurimmat kiinteistöt (muun muassa vanhainkoti, vuodeosasto yms.) ovat kaukolämmössä (Suur-Savon Sähkön omistama), ja pärjäävät muutaman päivän pakkasessa, mutta eivät montaa. Happi yms. järjestelmät toimivat sairaalan omien varvoimien kautta – niin kuin laki määrää.

”Jos miettii myrskytilannetta Rantasalmella ja pitkää sähkökatkosta, jos kaukolämpö huolto pelaa, ja vesi- ja jätevesi toimii, ongelmaksi tulevat yksityiset kiinteistöt mm. taajaman alueella, jotka pääosin ovat suorassa

sähkölämmityksessä. Osa voi olla varaavia takkoja tms. mutta pitkähkö sähkökatkos kovilla pakkasilla tuo varmasti isoja ongelmia”. (Koivula-Laukka 2008)

Viestiyhteyksistä on huolehdittu siten, että VIRVE -yhteys on pelastustoimessa ja sosiaalitoimessa. Kunnanjohtajalla tai teknisellä johtajalla ei ole VIRVE-puhelinta. (Koivula-Laukka 2008)

#### **16.4 Rantasalmen verkkokuvaus**

Rantasalmella on yksi sähköasema, jolla on kuusi johtolähtöä. Johtolähdöistä kaksi syöttää taajamaa. Poikkeustilanteissa Rantasalmen sähköasemaa voidaan syöttää seuraavilta sähköasemilta: Vehmaa (VMA SA), Taipale (TPE SA), Halttula (HLT SA) sekä Kallislahti (KLL SA). Lisäksi Rantasalmesta pohjoiseen pistävälle Torasalon suunnalle voidaan saada vastasyöttö Joroisten Energialaitokselta. Suurhäiriötapauksessa tämän varasyöttömahdollisuuden varaan ei voida laskea kovin paljoa. (Nieminen et al. 08)

#### **16.5 Pelastustoimen osuus**

Alueellinen pelastustoimi vastaa onnettomuuksien ehkäisystä, vahinkojen rajoittamisesta sekä eri viranomaisten ja pelastustoimeen osallistuvien muiden tahojen toiminnan yhteensovittamisesta pelastustoiminnassa. (Pelastuslaki)

Pelastustoimen toimenpiteet ovat siis usein johtamista ja koulutuksen sekä ohjeiden antamista. Pelastustoimi kuului ennen kuntien tehtäviin, mutta se siirrettiin alueellisen pelastustoimen tehtäväksi. Maakunnallinen pelastustoimi laatii kunnille evakuointisuunnitelman ja määrittelee väestönsuojaorganisaatiot. (Kitunen 2008)

Pelastustoimella on hallussaan osaavaa henkilöstöä sekä kalustoa. Pyryn ja Janikan päivän myrskyjen yhteydessä pelastustoimen yksiköt auttoivat esimerkiksi kaatuneiden puiden raivaustöissä ja käyttivät aggregaattia vanhustentalolla. (Sisäministeriö 2002)

## **17. SÄHKÖASIAKKAAN KOKEMA HAITTA**

Sähkökatkon vaikutuksesta ihmisen arkeen ja elämänlaatuun sekä ennen kaikkea siitä miten eri ihmiset kokevat sähkökatkon, on tehty useita tutkimuksia Suomessa ja muualla. Keskeytysten aiheuttamasta haitasta tehtiin 90-luvun alussa laaja yhteispohjoismainen selvitys (Konsnadera för elavbrott, Nordisk Ministerråd, 1992-1993). Selvityksessä analysoitiin 12 994 kuluttajaa, jotka jakautuivat kotitalouksiin, maatalouksiin, teollisuuteen, palveluun ja julkiseen kulutukseen. Tuloksia on sittemmin käytetty laajasti kehitettäessä jakeluverkon käyttövarmuutta.

(Silvast et al.05)

Viidentoista vuoden takaista tutkimustietoa ei voida suoraan soveltaa nykypäivään. Vuonna 2005 tehtiin uusi kyselytutkimus Teknillisen Korkeakoulun ja Tampereen teknillisen yliopiston yhteistyönä. (Silvast et al. 05)

Edellä mainituissa sekä muissa sähköasiakkaan haittakoskevissa tutkimuksissa tutkitun sähkökatkon pituus on yleensä tunteja, maksimissaan muutama vuorokausi. Todella pitkien sähkökatkojen aiheuttamaa haittaa ei ole tutkittu, eikä se järkevien vastausten kyselytutkimuksilla olisi mahdollistakaan.

### **17.1 Tutkimusmetodiikka**

Tutkimuksissa on ollut olennaisena tutkimuskohteena se kuinka paljon asiakas on valmis maksamaan (Willingness To Pay, WTP) paremmasta sähköntoimitusvarmuudesta. Tutkimukset ovat kyselytutkimuksia, joten esimerkiksi kysymyksenasettelulla on suuri merkitys. Samanlaisia vastauksiakin voidaan tulkita eri tavoin.

Vastaavasti on tutkittu myös arvoa (Willingness To Accept, WTA). WTA tarkoittaa sitä kuinka paljon asiakkaat haluavat korvauksia nykyistä useammin toistuvista sähkönjakelun keskeytyksistä. (Silvast et al. 05)

## **17.2 WTP:n epävarmuus**

Usein asiakkaat pitävät sähkötoimituksen häiriöttömyyttä itsestään selvänä, jolloin he merkitsevät WTP -arvoksi 0 € tai jonkin muun hyvin pienen summan. Siten tämä haastatteluista saatu keskimääräinen arvo jää suuruudeltaan selvästi asiakkaan todellisuudessa kokeman haitan alapuolelle. (Silvast et al. 05)

## **17.3 Suorat ja epäsuorat haitat**

Sähkökatkosta koituvat vaikutukset jaetaan suoriin ja epäsuoriin haittoihin, taloudellisiin ja sosiaalisiin haittoihin sekä lyhyen ja pitkän aikavälin haittoihin. Suorat haitat suoraan sähkönjakelun katkeamisen seurauksena. Epäsuorat haitat aiheutuvat sähkökatkosta seuranneesta tapahtumasta. (Wacker et. al. 89)

### **Suoria taloudellisia haittoja:**

- menetetty tuotanto
- pilaantuneet materiaalit
- maksetut palkat
- prosessin ylösajokustannukset
- rikkoutuneet laitteet

### **Suoria sosiaalisia haittoja:**

- vapaa-ajan menetys
- epämiellyttävä sisälämpötila
- sähkönjakelun keskeytyksestä aiheutuva pelko

## **17.4 Odotettu ja odottamaton sähkökatko**

Taulukossa 13. on esitetty odotetun ja odottamattoman sähkökatkon suora kustannus. Huomataan, että ennalta ilmoitetun katkoksen suora kustannus koetaan noin puoleksi odottamattoman katkon haitasta. Katkon pidentyessä koettujen haittojen poikkeama pienenee. Laajaa, pitkäkestoista sähkönjakeluhäiriötä voitaneen pitää odottamattomana. (Silvast et al. 05)



Taulukko 13. Kotitalouden odotetun ja odottamattoman sähkökatkon suora kustannus. (Silvast et al. 05)

Kesto [h]	Odottamaton [€/kW]	Ennalta ilmoitettu [€/kW]
1	2.5	1.1
4	10.6	5.9
8	38.1	23.4

### 17.5 Pitkän sähkökatkon haitta yksityisille ja maatalouden harjoittajille

Erittäin pitkällä sähkökatkolla tarkoitetaan tässä työssä noin kymmenen päivää kestävää katkoa. Edellä on kerrottu lämmityksen, vesihuollon sekä kommunikaatiovälineiden toiminnasta pitkän sähkökatkon aikana. Gudrun-myrskystä saatiin arvokasta tietoa eri yhteiskunnan osa-alueitten sähkökatkon aikaisista ongelmista sekä kotitalousasiakkaalle koituneesta haitasta. Kotimaan Pyryn ja Janikan päivän myrskyistä saatiin myös oppia – joskin pienemmässä mittakaavassa ja lyhyemmistä katkoista. Seuraavassa on käsitelty eri ihmisryhmien sähkökatkon aikana kokemia ongelmia.

#### *Vajaakuntoiset ihmiset*

Terveillä, nuorehkoilla ihmisillä on parhaat mahdollisuudet selviytyä kohtuudella sähkökatkon aikana. Pahimmassa asemassa ovat kotona asuvat vanhat, sairaat ja vammaiset ihmiset, jotka tarvitsevat sähköisiä apuvälineitä. Näitä ovat esimerkiksi sähköpyörätuolit ja nosturit (liikuntavammaiset), happilaitteet (esim. uniapneasta ja keuhkojen vajaatoiminnasta kärsivät), kotidialyysilaitteet (munuaissairaat) sekä esimerkiksi turvapuhelinta käyttävät henkilöt.

Pyryn ja Janikan päivän myrskyjen yhteydessä yhteyksien verkkopuhelimen, matkapuhelimen ja turvapuhelimen toimimattomuutta korvattiin ylimääräisillä kotikäynneillä. (Sisäministeriö 2002)

Pitkän sähkökatkon sattuessa erikoislaitteita käyttävät ihmisryhmät tulisi siirtää sairaalahoitoon, ellei aggregaatti- ja miestilanne ole niin hyvä, että luotettava sähkönsaanti pystytään takaamaan.

## **17.6 Kotonaan työskentelevät**

### *Yrittäjät*

Kotonaan työskentelevälle yrittäjälle pitkä sähkökatko voi olla katastrofi. Sähkökatkon haitta on vähintään menetettyjen työpäivien tulon suuruinen. Lisäksi seurauksena voi olla töiden ja asiakkaiden menetyksiä kilpailijoille.

### *Etätyöntekijät*

Etätyöntekijän tilanne on monella tapaa samanlainen kuin yrittäjällä. Jos vain mahdollista, tilanteessa on järkevintä siirtyä tilapäisesti emoyhtiön tiloihin.

## **17.7 Lapsiperheet**

Peseytymisen ja pyykinpesun mahdottomuus sekä ruuanlaiton vaikeus iskee pahasti lapsiperheen arkeen. Toisen vanhemman on lisäksi jäätävä kotiin hoitamaan lasta/lapsia päiväkodin ollessa sähköittä. Tällöin seurauksena voi olla ansionmenetyksiä. (Vihavainen 2008)

## **17.8 Sähkökatko – skenaario**

Oheisessa taulukossa 14. on esitetty eräs skenaario kotitalousasiakkaalle 10 päivän sähkökatkossa koituvasta haitasta. Suurin yksittäinen kustannus tulisia putkirikosta - noin 3 200 €. Hinta perustuu keskimääräiseen maksettuun vakuutuskorvaukseen. Putkien jäätyessä laajasti voi summan olettaa nousevan tätäkin korkeammaksi. Ansionmenetys-kohta perustuu keskimääräiseen suomalaisen ansiontuloon (2 600 €, 2005) lisättyinä Suurituloisella kotitalousasiakkaalla ansionmenetys on luonnollisesti tätäkin suurempi. Kohtien 4-6 verrattain pienet euromäärät pohjautuvat Gudrun-raportin (Gudrun 05) arvoihin.

Taulukko 14. Esimerkki kotitalousasiakkaalle koituvasta haitasta.

Tapahtuma/hankinta	Hinta-arvio/päivä/kpl [€]	Kymmenessä päivässä [€]
1. Putkirikko	> 3 200	> 3 200
2. Ansionmenetyk	118	1 180
3. Taulutelevision hajoaminen	1 000	1 000
4. Henkinen kärsimys	7	70
5. Kynttilät yms. tarvikkeet	7	70
6. Pilaantuneet pakasteet	7	70
7. Yhteensä	4 339	> 5 590

### 17.9 Maatilat ja kasvihuoneet

Taulukossa 15. on esitetty maatalouden sähkökatkojen arvo talvella. Tämän tutkimuksen pisin sähkökatkoaika on 36 tuntia. Huomataan, että haitat ovat erityisen suuria lihakarjatililla, sikaloissa sekä kasvihuoneissa. Karjatililla sähköriippuvuus johtuu muun muassa ruokinnan, lypsyn ja ilmastoinnin sähkötarpeesta.

(Silvast et. al.05)

Taulukko 15. Maatalouden katkojen arvo talvella (Silvast et. al. 05)

[€/kW]							
	Lkm	1 s	2 min	1 h	4 h	12 h	36 h
Kaikki	163	0,0	0,6	10,4	39,2	117,4	319,5
On varavoimaa	35	2,4	2,4	8,6	16,0	74,5	499,4
Ei varavoimaa	117	0	0,6	11,1	73,2	129,2	297,8
Pelto-tai nurmiviljely	110	0,0	0,9	10,9	64,9	100,0	302,6
Kasvihuoneet	7	Ei vastausta	Ei vastausta	1121,7	1121,7	Ei vastausta	7384,5
Lypsykarja	41	0,0	0,0	2,1	11,4	45,5	164,4
Lihanaudat	22	2,5	3,3	121,2	167,9	268,3	490,8
Siat	7	0,0	0,0	6,3	30,3	177,1	2468,3

## **18. PITKÄ SÄHKÖKATKO RANTASALMELLA**

Edellä on käsitelty eri toimintojen kuten lämmityksen, vesihuollon, viestiyhteyksien toimivuutta tai toimimattomuutta pitkän sähkökatkon aikana sekä mietitty sitä miten pitkä sähkökatko vaikuttaa erilaisiin ihmisiin. Tässä luvussa analysoidaan pitkää, noin viikon sähkökatkoa Rantasalmella. Apuna käytetään aiemmin esitettyjä tietoja.

Rantasalmi edustaa hieman keskimääräistä pienempää suomalaista paikkakuntaa. Rantasalmella on kuitenkin kaikki peruspalvelut, joten sitä voidaan käyttää esimerkkinä tutkittaessa parin viikon sähkökatkon vaikutuksia.

Rantasalmella on siis olemassa valmiussuunnitelma, mutta ehkä omien resurssiensa vähyyden vuoksi se luottaa SSS Oy:n valmiussuunnitelmiin. Joitakin asioita Rantasalmellakin on kuitenkin harjoiteltu ja suunniteltu. Esimerkiksi kiinteistöt on asetettu tärkeysjärjestykseen.

### **18.1 Lämmitys**

Rantasalmen suurimmat kiinteistöt kuten vanhainkoti ja vuodeosasto ovat kaukolämmön piirissä. Kaukolämpö ei toimi sähkökatkon aikana. (Katso luku 15). Näiden kiinteistöjen lämpötila alkaa siis laskea. Kaukolämmön ongelmana on kiinteistönkin päässä perustuminen vesikiertoon. Tarvitaan siten sekä sähkölämmittinlaitteita että aggregaatteja, jotta kiinteistöjen viileneminen ja myöhemmin pakastuminen putkien jäätymisineen voidaan estää.

Keskeisellä paikalla sijaitsevat suuret kiinteistöt kuten koulu ja liikuntasali ovat monissa kriiseissä otollisia evakuointitarkoitukseen. Kaukolämmön toimimattomuus on kuitenkin ongelma. Suuren tilan lämmittämiseen tarvitaan monta sähkölämmittintä eikä niiden saatavuudesta liene etukäteistietoa.

Pienikiinteistöjen kuten omakotitalojen ja rivitalojen tilanne ei ole juuri parempi. Taajaman talot ovat suurelta osin suorassa sähkölämmityksessä. Muutkin lämmitysjärjestelmät paitsi puun pienpoltto lakkaavat toimimasta. Kaikissa taloissa ei kuitenkaan ole varaavaa takkaa tai riittävää polttopuuvarastoa.

Sähkökatkon jatkuessa Rantasalmelta voitaisiin pyytää virka-apua puolustusvoimilta. Suuriin kiinteistöihin saataisiin lainaksi aggregaatteja ja varusmiehet voisivat auttaa asukkaita esimerkiksi polttopuunhakkuussa.

### **18.2 Aggregaattien kierrättäminen kohteissa**

Aggregaattilaitteita on rajallisesti eikä niitä riitä joka taloon, varsinkin jos sähkökatkon piirissä on useampi kunta. Yksi tapa ratkaista tämä ongelma on aggregaattien kierrättäminen kohteissa. Aggregaatteja kierrättämällä voidaan taata vähintäänkin peruslämpö +5 °C. Käytännössä tämä kävisi niin, että aggregaattilaitetta käytetään taloissa vuorotellen, muutaman tunnin ajan kussakin.

Aggregaatti voidaan kytkeä talon sähköjärjestelmään jolloin pystytään käynnistämään rakennuksen kiertovesipumppu, poltin sekä mahdollisesti muitakin toimintoja. Keskustan kaukolämpökohteissa aggregaattia voidaan hyödyntää yhdessä lisälämmittimien kanssa – jos niitä saadaan haalittua.

### **18.3 Evakuoinnit**

Lämpötilan laskiessa vanhainkodissa, joka on Rantasalmella kaukolämmön piirissä, on alettava harkita vanhusten evakuointia. Sähkökatkon laajuudesta riippuu, voidaanko vanhukset kuljettaa ja sijoittaa jonkun lähikunnan vanhainkoteihin vai pitääkö heidät viedä kauemmaksi. Joka tapauksessa myös riittävän tehokkaan aggregaatin saannin mahdollisuus pitäisi selvittää.

### **18.4 Kommunikaatio ja tiedottaminen**

Luvussa on 17 kerrottu lankapuhelimen, matkapuhelimen ja viranomaisverkon toiminnasta sähkökatkon aikana. Matkapuhelinjärjestelmä lienee näistä kaikkein haavoittuvin. Myös VIRVE:ssä havaittiin puutteita Pyryn ja Janikan päivän myrskyjen yhteydessä. (Sisäministeriö 02) Laajan sähkökatkon vallitessa on siis oletettavaa, että kommunikaatio-ongelmia esiintyy muutenkin ja ne vaikeuttavat kriisin hoitoa. Rantasalmen kaltaisessa pienessä kunnassa tilannetta helpottanee kuitenkin se, että kunnan toimijat ovat tuttuja keskenään ja tuntevat toistensa toimintatavat.

Asukkaat on syytä pitää ajan tasalla tilanteen alusta lähtien. Tiedottaminen tulee tapahtua monia välineitä käyttäen jotta tieto saavuttaa kaikki asukkaat. Tiedottaminen voisi tapahtua esimerkiksi radiossa, jaettavin tiedotelapuin sekä kunnan tiloissa.

### **18.5 Vesi ja ruoka**

Rantasalmella on tornijohtoinen vedenjakelu sekä kaksi varavoimakonetta, joilla pystytään takaamaan ainakin osittainen vedenjakelu. (Koivula-Laukka 2008)

Jos vedenjakelussa tulee ongelmia, puhdasta vettä pitäisi jakaa asukkaille vedenjakelupisteissä. Veden haku on varsinkin vanhemmalle väestölle ja autottomille ongelmallista. Vedenjakelun ongelmat tarkoittaisivat samalla WC:n toimimattomuutta. Ainakin kirkonkylälle pitäisi silloin ripotella siirrettäviä käymälöitä.

Marketti kuuluu kunnan määrittelemiін tärkeisiin rakennuksiin. Normaali ruuansaanti on varmasti ihmisten elämänlaadun kannalta tärkeää joten aggregaatti ei mene marketissa hukkaan. Ruuan valmistuksessa tai lämmityksessä on kuitenkin sähkökatkon aikana ongelmia, joita on vaikea ratkaista. Jossakin määrin ongelmaa voidaan ehkä lievittää kaasukeittimien avulla.

### **18.6 Maatilat**

Rantasalmella oli vuonna 2006, 232 EU-tukea hakenutta maatilaa. Näistä kotieläintiloja oli 55 %. Suurella osalla kotieläintiloista on nykyisin aggregaatti. On kuitenkin selvää, että kaikilla sitä ei ole. Näille tiloille pitäisi pitkän sähkökatkon aikana löytää varavoimalähteitä.

### **18.7 Paloasema**

Rantasalmen paloasema on melko huonosti varautunut sähkökatkoihin. Pelkän UPS:n varassa se ei pysty toimimaan. Varavoimakoneita olisikin tiedusteltava muualta pelastustoimesta.

## 19. PARANNUSEHDOTUKSIA

### 19.1 Kotitalouksien omatoiminen varautuminen

Omaehtoisen varautumisen alkuun pääsee pienellä rahamäärällä. Tärkein varautumistoimenpide on sähköttä toimivan varalämmitysjärjestelmän hankkiminen jo talon rakennusvaiheessa. Käytännössä tämä tarkoittaa takan - mieluiten varaavan takan - asentamista. Autotallissa tai varastossa on hyvä säilyttää riittävä määrä (noin neljä kuutiota) kuivaa polttopuuta. Hyvin eristetty talo pitää lämpöä paremmin kuin huonosti eristetty.

Muitakin pienempiä toimenpiteitä voi tehdä. Esimerkiksi vara-akun hankkiminen matkapuhelimeen parantaa viestintämahdollisuuksia pitkän sähkökatkon aikana.

Lisäksi kotiin kannattaa sijoittaa helposti löydettävään paikkaan ainakin:

- taskulamppu ja paristoja
- varasulakkeita
- kynttilöitä ja tulitikkuja
- paristo- tai akkukäyttöinen radio / autoradio

(Fortum 08)

#### *Omaisuuksien vakuuttaminen*

Talo ja irtain omaisuus kannattaa vakuuttaa. Vakuutusta ottaessa pitää tarkastaa, että vakuutus kattaa myös myrskytuhojen ja pitkien sähkökatkojen aiheuttamat vahingot, kuten putkien jäätymisestä johtuvat vahingot sekä irtaimistovahingot.

#### *Naapuriyhteistyö*

Naapuriyhteistyöllä sekä resurssien jakamisella voidaan parantaa elämisen laatua pitkän sähkökatkon aikana. Esimerkiksi kännykän voi ladata siellä missä on varavoimaa tai toimivaa verkkosähköä.



## **19.2 Julkisyhteisöt**

### **19.2.1 Aggregaattien ja lämmittimien hankkiminen**

Aggregaatin lämmitinlaitteen hankkiminen on kertaluontoinen investointi. Jokaisen julkisyhteisön on itse päätettävä onko investointi kannattava suhteessa mahdollisen pitkän sähkökatkon haittaan. Keräämiäni tietojen perusteella suurella osalla julkisyhteisöistä on tältä osin miettimisen paikka.

### **19.2.2 Aggregaattien luettelointi**

Aggregaattitilanteen selvittäminen jo etukäteen ja aggregaattirekisterin käyttöönotto sekä luonnollisesti sen tunnollinen päivitys nopeuttaisivat kriisitilanteiden aikaista toimintaa. Aggregaattirekisterin toimivuus riippuu niin pitkälti viitseliäisyydestä päivittää rekisteri, että tilanteenaikaiset tarkastukset ovat joka tapauksessa tarpeellisia. Pyryn ja Janikan päivän myrskyjen yhteydessä aggregaattitilanne pystyttiin kartoittamaan melko hyvin vaikka tilanne oli jo päällä.

## **19.3 Maatilat**

Varsinkin karjatiloilta ja kasvihuoneissa pitkän sähkökatkon haitat ovat tuhoisat. Aggregaatin hankinta on järkevä teko. Sillä turvataan muun muassa eläinten ruoka- ja juomahuolto sekä sikaloille elintärkeä ilmastointi.

## **19.4 Sähköyhtiöt**

### *Aggregaattien hankinta*

Aggregaatteja tulisi olla käytössä nykyistä enemmän jotta niitä voitaisiin suurmyrskyjen yhteydessä sijoittaa kriittisiin kohteisiin kuten vanhainkotien ja evakuointipaikkojen yhteyteen.

Monet kunnat ovat myyneet omistuksiaan sähköyhtiöissä. Yhtiöitä on myös yhdistelty suuriksi konserneiksi. Tieto aggregaattien paikallisesta tarpeesta esimerkiksi kunnallisissa laitoksissa ei enää välttämättä tavoita sähköyhtiön päättäjiä. Aggregaattien hankinta saatetaan myös kokea yhtiöissä turhaksi rasitteeksi kun kunta on muuttunut omistajasta asiakkaaksi.

### *Johdinsijoittelu*

Keskijännitelinjoja on siirretty jo vuosia metsän keskeltä maanteiden varsille, missä huolto- ja korjaustoimenpiteet on helpompi suorittaa. Ilmastonmuutoksen vaikutukset huomioiden tätä työtä on syytä jatkaa.

### *Suhteet MTK:hon*

Verkkoyhtiöiden tulisi vakuuttaa MTK siitä, että maaseutuverkkoja kehitetään entistä luotettavimmiksi ja omaehtoinen aggregaattien hankinta sekä jakeluverkon parantaminen eivät ole toisiaan poissulkevia toimenpiteitä.

## 20. YHTEENVETO

Ilmastonmuutos on yli 95 % todennäköisyydellä todellisuutta. Ilmastonmuutoksen aiheuttavat ihmisen toimesta ilmakehään joutuvat kasvihuonekaasut – erityisesti hiilidioksidi sekä noki. Sen sijaan on vielä epäselvää kuinka suuri ilmaston lämpenemä on ja kuinka paljon äärimmäiset sääilmiöt kuten myrskyt lisääntyvät. Ilmaston lämpenemisen määrää, muutoksia sateisuudessa ja muutoksia esimerkiksi tuulisuudessa pyritään ennustamaan ilmastomallien avulla.

Ääri-ilmiöiden lisääntyminen näkynee vasta joidenkin vuosikymmenten kuluttua. Tulevat suurmyrskyt luultavimmin lisäävät halukkuutta panostaa ennakkovarautumiseen. Routakerroksen ohentuminen tulee lisäämään puiden kaatumisia ja siten sähkönjakelun häiriöitä. Lisäksi tykkylumen aiheuttamien häiriöiden odotetaan lisäävän katkoksia osassa Pohjois-Suomea.

Pitkän sähkökatkon haitat ovat laajat. Yhteiskunta ei millään pysty toimimaan normaalisti ilman sähköä. Lämmitysjärjestelmät eivät nekään toimi. Tilannetta pystytään kuitenkin osin helpottamaan lisälämmittimien, akkujen ja varavoimakoneiden avulla. Kriisiaikana esimerkiksi aggregaatteja on kuitenkin rajallisesti, joten niitä pitäisi hankkia etukäteen. On myös tärkeää, että valmiussuunnitelma on tehty etukäteen. Järjestelmällinen, organisoitu toiminta ja katkeamaton tiedonkulku ovat hankalassa tilanteessa elintärkeitä.

Melkein kaikilla kunnilla, joiden edustajia haastateltiin, on valmiussuunnitelma, muttei aggregaattiluetteloita eikä merkittävää määrää aggregaatteja. Vesilaitoksilla on myös suunnitelma, mutta aggregaatteja on lähinnä vain huoltokatkoksia varten. Viestintävälineistä paras varavoimatilanne on lankapuhelinverkossa. Matkapuhelinverkko ja VIRVE on suojattu lähinnä akkuvarmistuksin.

Yksittäisen kansalaisen kymmenen päivän sähkökatkon aikana kokema haittaa on vaikea arvioida perinteisin menetelmin. Katko on niin pitkä, että siitä aiheutuisi pakkasella mittavia aineellisia vahinkoja. Asumisesta ja elämisestä tulisi vaikeaa. Peseytyminen ja vessassa käyminen olisi melko mahdotonta. Vesijohtoputket olisivat vaarassa jäätyä. Putkien jäätyminen olisi myös pitkän sähkökatkon suurin yksittäinen

taloudellinen haitta. Monia ihmisiä – erityisesti sairaita ja vanhuksia - jouduttaisiin todennäköisesti evakuoimaan kodeistaan.

## **SYNOPSIS**

There is over 95 % probability that climate change is real. Greenhouse gases- carbon dioxide and soot in peculiar- cause climate change. We are not yet sure how much temperatures will rise or how big the increase in extreme weather phenomena - such as windy storms is. For example the long-term increase in temperature, changes in precipitation and windiness are being predicted with climate models.

The possible increased number of extreme phenomena will be seen during the decades to come. In that case violent windy storms would for sure boost the willingness to prepare in advance. Furthermore, the lack of ground frost during winter will increase the number of fallen trees and therefore cause more problems to power distribution. Heavy, dense, wet snow is expected to add the number of power-outages in parts of northern Finland.

Almost all the communes from which representatives were interviewed had a readiness plan. The water companies also have readiness plans but their aggregates were mainly for maintenance purpose. From means of communication traditional wire phone has the best aggregate readiness. Mobile phone network and "VIRVE" have mainly battery backup.

The negative affects of very-long-lasting power-outages are many in number. The modern society is not able to function without electricity. Situation can be improved through the use of additional heaters, aggregates and batteries. However in times of crisis their supply is limited. They need to be purchased in advance.

Making emergency plans is also important. Systematic, well-organized measures and a solid information chain are crucial in a difficult situation.

It is difficult to estimate the effect a 10-day power outage has on domestic customer. In this case power failure is so long - lasting, it would cause serious material damage in low temperatures. Normal life and living would suffer greatly. Washing up and visiting water closet would become difficult if not impossible. Water pipes would be

in danger of freezing. Damaged pipes would also be the biggest financial loss. Furthermore, many people –especially elderly and with poor health- would probably have to be evacuated from their homes.

## LÄHDELUETTELO

- (Bengtson et.al. 05) Bengtsson, Lennart; Hodges, Kevin I, Roeckner, Kevin. Storm Tracks and Climate Change. Journal of Climate, Vol. 19. 2005 S. 3518.
- (Beniston et al. 07) Beniston M, Stephenson D, Christensen O, Ferro C, Frei C, Goyette S, Halsnaes K, Hol; T, Jylhä K, Koffi B, Palutikof J, Schöll R, Semmler T, Woth K. 2005. Future extreme events in European climate: an exploration of regional climate model projections. Climatic Change (2007) 81:7–30 DOI 10.1007/s10584-006-9210-7
- (Energiategällighet 08) Energiategällighet 2008. Kaukolämpötilastointi. Tarkistettu 12.3.2008. Saatavilla www-muodossa:  
<http://www.energia.fi/fi/tilastot/kaukolampotilastot>
- (Fingrid) Tykkylumi sähkösiirron riesana. Fingrid. Tarkistettu 24.4.2008. Saatavilla www-muodossa osoitteessa:  
<http://www.fingrid.fi/portal/suomeksi/ymparisto/ajankohtaista/tykkylumi/>
- (Fortum 08) Varaudu sähkökatkoon. Fortum. Tarkistettu 27.2.2008. Saatavilla www-muodossa:  
<http://www.fortum.fi/document.asp?path=14020;14028;31772;31773;31782;31795;31900;31902>
- (Gudrun 05) Stormen Gudrun. –Konsekvenser för nätbolag och samhälle. 2005. Tarkistettu 25.4.2008. Saatavilla www-muodossa osoitteessa:  
<http://www.swedishenergyagency.se/web/biblshop.nsf/framest.main?ReadForm&Doc=1708>

- (Haanpää et al.) Haanpää, Lehtonen, Peltonen, Talockaite. Impacts of WinterStorm Gudrun of 7<sup>th</sup>-9<sup>th</sup> January 2005 and Measures Taken in Baltic Sea Region. Centre for Urban and Regional research. TKK Finland. Environmental Centre for Administration and technology. Kaunas. Lithuania. S. 5,6,7,10,19,20. Tarkistettu 24.10.2007. Saatavilla www-muodossa osoitteessa:  
[www.astra-project.org/sites/download/ASTRA\\_WSS\\_report\\_final.pdf](http://www.astra-project.org/sites/download/ASTRA_WSS_report_final.pdf)
- (HS 08) ”Ruokakauppoja on nyt Suomessa vähemmän kuin sataan vuoteen”. Helsingin Sanomat. 5.3.2008
- (Ilmatieteen laitos 1) Kasvihuonekaasujen pitoisuudet. Ilmatieteen laitos. Tarkistettu 6.1.2007. Saatavilla www-muodossa osoitteessa:  
[http://www.fmi.fi/tutkimus\\_ilmasto/ilmasto\\_20.html](http://www.fmi.fi/tutkimus_ilmasto/ilmasto_20.html)
- (Ilmatieteen laitos 2) Ilmastomalli. Ilmatieteen laitos. Tarkistettu 13.11.2007. Saatavilla www-muodossa osoitteessa:  
[http://www.fmi.fi/tutkimus\\_mallit/mallit\\_3.html](http://www.fmi.fi/tutkimus_mallit/mallit_3.html)
- (Ilmatieteen laitos 3) Ilmatieteen laitos, CSC ja Helsingin yliopisto tehneet yhteistyösopimuksen ilmastojärjestelmän mallituksesta. Ilmatieteen laitos. 11.4.2007.  
Tarkistettu 24.4.2008. Saatavilla www-muodossa osoitteessa:  
<http://www.fmi.fi/uutiset/index.html?A=1&Id=1176280808.html>
- (Ilmatieteen laitos 4) Joko ilmastonmuutos on havaittavissa? Ilmatieteen laitos. Tarkistettu 23.10.2007. Saatavilla www-muodossa osoitteessa:  
[http://www.fmi.fi/tutkimus\\_ilmasto/ilmasto\\_19.html](http://www.fmi.fi/tutkimus_ilmasto/ilmasto_19.html)



- (Ilmatieteen laitos 5) Suomen keskilämpötilan muutokset. Ilmatieteen laitos.  
Tarkistettu 25.10.2007. Saatavilla www-muodossa osoitteessa:  
[http://www.fmi.fi/tutkimus\\_ilmasto/ilmasto\\_35.html](http://www.fmi.fi/tutkimus_ilmasto/ilmasto_35.html)
- (Ilmatieteen laitos 6) Vuoden 2006 säätilastot. Ilmatieteen laitos. Tarkistettu  
24.4.2008. Saatavilla www-muodossa osoitteessa:  
[http://www.fmi.fi/saa/tilastot\\_162.html](http://www.fmi.fi/saa/tilastot_162.html)
- (Ilmatieteen laitos 7) Ilmastonmuutos ja routa. Ilmatieteen laitos. Tarkistettu  
25.4.2008. Saatavilla www-muodossa osoitteessa:  
[http://www.fmi.fi/tutkimus\\_ilmasto/ilmasto\\_18.html](http://www.fmi.fi/tutkimus_ilmasto/ilmasto_18.html)
- (Ilmatieteen laitos 8) Tykky eli tykkylumi. Tykky sääilmiönä. Ilmatieteen laitos.  
Tarkistettu 24.4.2008. Saatavilla www-muodossa osoitteessa:  
[http://www.fmi.fi/saa/tilastot\\_159.html#3](http://www.fmi.fi/saa/tilastot_159.html#3)
- (IPCC 4) IPCC Fourth assesment raport. 2007. Summary: 2,3,7,12,237  
Technical Summary: 135, 591. Tarkistettu 23.10.2007.  
Saatavilla www-muodossa osoitteessa: [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)
- (Kerimäki 02) Vesihuoltolaitoksen yleiset toimitusehdot. Kerimäen kunta.  
2002. Tarkistettu 7.2.2008. Saatavilla www-muodossa:  
[http://www.kerimaki.fi/uploads/files/vesilaitoksen\\_yleiset\\_toimitusehdot\\_kvalt\\_11\\_1\\_\\_1\\_.6.02.doc](http://www.kerimaki.fi/uploads/files/vesilaitoksen_yleiset_toimitusehdot_kvalt_11_1__1_.6.02.doc)
- (Kymenl. 07) Vakiokorvaus: Pitkistä sähkökatkoista korvausta.  
Kymenlaakson Sähkö. Tarkistettu 17.12.2007. Saatavilla  
www-muodossa osoitteessa:  
<http://www.kymenlaaksonsahko.fi/vakiokorvaus>
- (L.A. Times 08) Abdollah, Tami. "Soot may play big role in climate change".  
Los Angeles Times. 25.3.2008.

- (Max-Planck Inst.) Max-Planck`n Meteorologinen Instituutti, Hampuri. Tarkistettu 29.11.2007. Saatavilla www-muodossa osoitteessa: <http://www.mpimet.mpg.de/en/wissenschaft/modelle/model-distribution/available-models.html>
- (Martikainen et al. 07) Martikainen; Antti, Pykälä; Marja-Leena; Farin; Juho. ”Ohje: Ilmastonmuutoksen huomioiminen sähköverkon suunnittelussa ja rakentamisessa”. VTT. Espoo 2007. Tarkistettu 25.2.2008. Saatavilla www-muodossa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2007/T2419.pdf>
- (Mauna Loa) Atmospheric Carbon Dioxide. NOAA. Earth System Research Laboratory. Tarkistettu 19.5.2008. Saatavilla www-muodossa osoitteessa: [http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/co2\\_data\\_mlo.html](http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/co2_data_mlo.html)
- (MIL1) Kalustoesittely. Puolustusvoimat. Tarkistettu 25.4.2008. Saatavilla www-muodossa osoitteessa: <http://www.mil.fi/maavoimat/kalustoesittely/index.dsp?level=84&equipment=162>
- (MIL2) Kalustoesittely. Puolustusvoimat. Tarkistettu 25.4.2008. Saatavilla www-muodossa osoitteessa: <http://www.mil.fi/maavoimat/kalustoesittely/index.dsp?level=84&equipment=221>
- (Motiva) Vedenkulutus. Motiva. Tarkistettu 27.4.2008. Saatavilla www-muodossa osoitteessa: <http://extra.motiva.fi/energiaekspertit/koulutusaineistot/vedenkulutus.html>
- (Motonet) Motonet-hinnasto. Tarkistettu 5.2.2008. Saatavilla www-muodossa: <http://www.motonet.fi>

- (Nieminen et al. 08) Nieminen, Arto; Rautio, Hannu. SSS Oy:n varautuminen suurhäiriön aiheuttamaan pitkään laajamittaiseen sähkökatkoon talvella. 2008. Järvi-Suomen Energia, Suur-Savon Sähkö-yhtiöt. PDF.
- (NOAA) Beaufort Wind Scale. National Oceanic and Atmospheric Administration. Tarkistettu 25.4.2008. Saatavilla www-muodossa osoitteessa:  
<http://www.spc.noaa.gov/faq/tornado/beaufort.html>
- (NSIDC 2007) National Snow and Ice Data Center. Tarkistettu 11.12.2007. Saatavilla www-muodossa osoitteessa:  
[http://nsidc.org/news/press/2007\\_seaiceminimum/20070810\\_index.html](http://nsidc.org/news/press/2007_seaiceminimum/20070810_index.html)
- (Pelastuslaki) Pelastuslaki 3 §. Pelastuslaki 13.6.2003/468. Saatavilla www-muodossa osoitteessa:  
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2003/20030468>
- (Ruokol. et al. 05) Ruokolainen L., Räisänen J., Makkonen L.: Kasvihuoneilmion voimistumisesta johtuvan ilmastonmuutoksen vaikutus Suomen lumiolosuhteisiin vuosina 2071-2100. Fysikaalisten tieteiden laitos, Helsingin yliopisto, VTT, Espoo 2005. Tarkistettu 22.11.2007. Saatavissa www-muodossa osoitteessa:  
[pro.tsv.fi/geofysiikanseura/pdf/gfp2005\\_ruokolainen.pdf](http://pro.tsv.fi/geofysiikanseura/pdf/gfp2005_ruokolainen.pdf)
- (Ruosteenoja et al.05) Ruosteenoja, K., Jylhä, K., Tuomenvirta, H. 2005. Climate scenarios for FINADAPT studies of climate change adaptation. FINADAPT Working Paper 15, Finnish Environment Institute Mimeographs 345, Helsinki, 32 pp.

- (Räisänen et al. 03) Räisänen, J., Hansson, U., Ullerstig, Döscher, R., Graham, L.P., Jones, C., Meier, H.E.M., Samuelsson P., Willén U. European climate in the late twenty-first century regional simulations with two driving global models. 2003/2004. Springer Berlin/ Heidelberg. ISSN: 0930-7575
- (SMHI 05) Energimarknad Tema: Stormen Gudrun. Ruotsin energiainfo. 2005. S.5. Tarkistettu 22.10.2007. Saatavilla www-muodossa osoitteessa: [www.energimyndigheten.se/web/biblshop.nsf/FilAtkomst/ET2005\\_21.pdf](http://www.energimyndigheten.se/web/biblshop.nsf/FilAtkomst/ET2005_21.pdf)
- (Silvast et.al 05) Silvast, Antti; Heine, Pirjo; Lehtonen, Matti; Kivikko, Kimmo; Mäkinen, Antti; Järventausta, Pertti. Sähköjaketun keskeytyksestä aiheutuva haitta. Teknillinen Korkeakoulu ja Tampereen teknillinen yliopisto. 2005. Tarkistettu 13.3.2008. Saatavilla www-muodossa: [http://powersystems.tkk.fi/KAH-loppuraportti\\_951-22-8032-9.pdf](http://powersystems.tkk.fi/KAH-loppuraportti_951-22-8032-9.pdf)
- (Talouselämä 08) Rantanen, Esko. ”Lankapuhelin ministerin uusi suojelukohde”. Talouselämä-lehti 17.12.2007. Tarkistettu 25.2.2008. Saatavilla www-muodossa: [http://www.talouselama.fi/doc.te?f\\_id=1280081](http://www.talouselama.fi/doc.te?f_id=1280081)
- (TE-keskus 07) Perusmaatalouden rahoitustuet 2007. Työvoima- ja elinkeinokeskus. Tarkistettu 5.2.2008. Saatavilla www-muodossa: <http://www2.te-keskus.fi/new/epo/Tiedostot/Rahoitustuet.pdf>
- (Rakennuskanta 08) Tilastokeskus. Suomen tilastollinen vuosikirja 2007. Multiprint Oy. Helsinki. ISBN 978-952-467-736-3.

- (Sisäministeriö 02) Viitanen, Timo. Myrskyn aiheuttamat yhteiskunnalliset häiriöt. Sisäministeriö pelastusosasto. 2002. Tarkistettu 8.1.2008. Saatavilla www-muodossa osoitteessa:  
<http://www.pelastustoimi.fi/media/raportit/myrsky.html>
- (Tilastokeskus) ”Sentraalisantroista kännykkäkansaan - televiestinnän historia Suomessa tilastojen valossa”. Tilastokeskus. Tarkistettu 23.4.2008. Saatavilla www-osoitteessa:  
<http://www.stat.fi/tup/suomi90/syyskuu.html>
- (Wacker et.al. 89) Wacker, G., Billinton, R. Customer Cost of Electric Service Interruptions. Proceedings of the IEEE, Vol. 77, No. 6, June 1989.
- (YLE 2008) YLE Uutiset. 25.3.2008. Tarkistettu 28.3.2008. Saatavilla www-osoitteessa:  
<http://www.yle.fi/uutiset/ymparisto/oikea/id86163.html>

## HAASTATTELUT

- (En 2008) Puhelinhaastattelu. Mervi En. Kaakkois-Suomen TE-keskus. 5.3.2008 klo 12:40.
- (Erillisverkot 1) Kirjekysely. Aluepäällikkö Jari Vanhatapio. Suomen Erillisverkot Oy
- (Erillisverkot 2) Kirjekysely. Sähköpostivastaus. Myyntijohtaja Pertti Virtanen. Suomen Erillisverkot Oy. 20.2.2008.
- (Hirvonen 2008) Puhelinhaastattelu. Vesilaitoksenhoitaja Risto Hirvonen. Kerimäen kunta. 28.1.2008 klo 10:30.
- (Jylhä 2007) Sähköpostihaastattelu. Tutkija Kirsti Jylhä. Ilmatieteen laitos. 23.11.2007.
- (Kiesilä 2008) Puhelinhaastattelu. Palopäällikkö Ari Kiesilä. Mikkelin paloasema. 13.3.2008 klo 12:10.
- (Kitunen 2008) Puhelinhaastattelu. Kunnanjohtaja Kari Kitunen. Puumalan kunta. 21.2.2008 klo 15:30.
- (Koivula-L. 2008) Sähköpostihaastattelu. Tekninen johtaja Merja Koivula-Laukka. Rantasalmen kunta. 5.3.2008, 12.2.2008, 28.1.2008.
- (Kähö 2008) Sähköpostihaastattelu. Päivi Kähö. Suomen Kissaliitto ry. 13.3.2008.
- (Kunnat 2008) Puhelin- ja sähköpostikysely Etelä-Savon kunnanjohtajille ja teknisen toimen vastaaville henkilöille. Tammi-maaliskuu 2008.

- (Mattila 2008) Sähköpostihaastattelu. Energia-asiamies Ilpo Mattila. MTK. 12.2.2008 klo 10:45.
- (Ojala 2008) Sähköpostihaastattelu. Vahingontorjunnan johtaja Veli Matti Ojala. Finanssialan keskusliitto. 11.2.2008 klo 12:15.
- (Paloasemat 2008) Puhelinhaastattelu. Palopäällikkö Jyri Silmäri. Savonlinnan paloasema. 12.3.2008 klo 14:40.
- Puhelinhaastattelu. Palomies Timo Kaarre. Puumalan paloasema, 14.3.2008 klo 12:35.
- Puhelinhaastattelu. Palopäällikkö Markku Huuhka. Rantasalmen paloasema. 17.3.2008 klo 11:45.
- Puhelinhaastattelu. Palopäällikkö Ari Kiesilä. Mikkelin paloasema. 13.3. klo 12:10.
- (Pekurinen 2008) Sähköpostihaastattelu. Vahingontorjuntapäällikkö Seppo Pekurinen. Vakuutuslainsäädäntö ja turvallisuus. Finanssialan Keskusliitto. 31.1.2008 klo 16:10.
- (Peltonen 2008) Sähköpostikysely. Majuri Hannu Peltonen. Puolustusvoimat. 18.11.2008.
- (Piik 2008) Puhelinhaastattelu. Rakennusmestari Jarmo Piik. Joroisten kunta. 6.2.2008 klo 11.
- (Puikko 2008) Puhelinhaastattelu. Myyntiteknikko Pekka Puikko. Koillis-Lapin Sähkö. 5.2.2008 klo 10.
- (Rautio 2008) Puhelinhaastattelu. Sähköpostivastaus. Hannu Rautio. Järvi-Suomen Energia. Siirto. 31.3.2008.

- (Rautio J. 2008) Sähköpostikysely. Markkinointisuunnittelija Johanna Rautio. Suur-Savon Sähkö Oy. 7.3.2008.
- (Ruosteenoja 2007) Sähköpostihaastattelu. Tutkija Kimmo Ruosteenoja. Ilmatieteen laitos. 26.11.2007.
- (Sihvonen 2008) Puhelinkysely. Sähköpostivastaus. Tuotantoesimies Jari Sihvonen. Suur-Savon Sähkö Oy. 6.3.2008.
- (Torvinen 2008) Puhelinhaastattelu. Vesiosuuskunnan toimitusjohtaja. Leena Torvinen. Puumalan vesiosuuskunta. 8.2.2008 klo 10:15.
- (Unhola 2008) Sähköpostihaastattelu. Tiedotusjohtaja Kaija Unhola. Suomen Kennelliitto. 31.1.2008 klo 12.
- (Vainio 2008) Puhelinhaastattelu. Valmiussihteeri Taito Vainio. Sisäministeriön Pelastustoimi. 9.1.2008 klo 12:30.
- (Vihavainen 2008) Puhelinhaastattelu. Päiväkodinjohtaja Helena Vihavainen. Sammonlahden päiväkot. Lappeenranta. 7.3.2008 klo 9:23.
- (Venäläinen 2008) Puhelinhaastattelu. Myyntipäällikkö Jorma Venäläinen. SSS Oy. 15.2.2008 klo 11.